

Page Denied

Next 2 Page(s) In Document Denied

Frankfurt a.M., den 20.6.51

50X1-HUM

B e r i c h t ü b e r d i e
J a h r e s v e r s a m m l u n g d e s V D E
(Verband Deutscher Elektrotechniker e.V.) in
H a n n o v e r v o m 11. b i s 16. J u n i 1951

I n h a l t

- I. Allgemeines
- II. Festvortrag von Prof. Küpfmüller
- III. Fachberichte, Allgemeines und Themen
- IV. Inhalt des Festvortrages von Prof. Küpfmüller
- V. Inhalt der Fachberichte über Funkentstörung,
Hochfrequenztechnik und Elektroakustik
- VI. Anlagen (in besonderer Mappe)

I. Allgemeines

An der Versammlung nahmen etwa 2000 Personen, die fast ausschließlich aus der Bundesrepublik und aus West-Berlin kamen, teil. Das sind etwa 1/3 der Mitglieder des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE).

Der wissenschaftliche Teil der Versammlung bestand aus dem Festvortrag und den Fachberichten.

II. Festvortrag von Prof. Dr.-Ing. Karl Küpfmüller, Technischer Direktor der C.Lorenz AG., Stuttgart, über:

" Die Technik der elektrischen Nachrichtenverbindungen ".

Der Text des Vortrages wird in der Elektrotechnischen Zeitschrift, wahrscheinlich in dem Heft, das am 15. Juli erscheint, veröffentlicht. Dieses Heft der ETZ wird nachgeliefert.

III. Fachberichte, Allgemeines und Themen

Nachstehend werden die Themen der Fachberichte nach Fachgruppen geordnet aufgeführt.

Für die Fachberichte über Funkentstörung, Hochfrequenztechnik und Elektroakustik wird unter V. der Inhalt kurz angegeben.

Die Fachberichte waren in der überwiegenden Mehrzahl Berichte von Firmenvertretern über neuere, von ihnen hergestellte Erzeugnisse, die zum größten Teil bereits bekannt und in Katalogen oder der Literatur beschrieben sind. Die wissenschaftliche Bedeutung der Fachberichte ist daher meist gering. Sie dürften jedoch wichtig sein zur Unterrichtung von Fachleuten und zum Anknüpfen von Verbindungen mit Fachleuten, die auf anderen Gebieten arbeiten.

1. Gruppe A : Elektromaschinen

Einführung: Prof.Dr.E.Kübler, Blaubeuren.

- 1.1 W.Leukert, Erlangen, "Wirkungsgrad und Modellausnutzung bei wasserstoffgekühlten Maschinen".
- 1.2 H.Happoldt, Mannheim, "Die Wirtschaftlichkeit von wasserstoffgekühlten Generatoren in 50-Hz-Netzen".
- 1.3 Moldenhauer, Berlin, "Wasserstoffkühlung elektrischer Maschinen".

2. Gruppe B : Schaltanlagen und Netze

Einführung: Dipl.-Ing. R.Mestermann, Hannover.

- 2.1 K.Reiske, Erlangen, "Gekapselte Schaltanlagen, ihre Grenzen und ihr Anwendungsgebiet".
- 2.2 G.Meiners, Berlin, "Neuerungen im Schaltanlagenbau".
- 2.3 U.Fischer, Berlin, "Analyse und Synthese der Vorgänge beim Abschalten leerlaufender Hochspannungsleitungen".

3. Gruppe C I : Kabel

Einführung: Prof.Dr.W.Vogel, Köln.

- 3.1 O.Gasser, Erlangen, "Prüfung von Hochspannungskabeln unter besonderer Berücksichtigung der Betriebsbeanspruchungen".
- 3.2 W.Clausnitzer, Köln, "Aluminiummäntel bei Starkstromkabeln für Nieder- und Hochspannung".
- 3.3 Andresen, Hannover, "Über einen neuen bleilosen Kabelmantel".

4. Gruppe C II : Isolatoren

Einführung: Prof.Dr.P.Böning, Porz/Rhein.

- 4.1 H.Läpple, Berlin, "Zur Bemessung und Gestaltung von Innenraumisolatoren".
- 4.2 K.Schaudinn, Hohenbrunn, "Gross-Porzellanstützer mit abgeschmolzenem Innenraum für Hochspannungsanlagen".
- 4.3 H.Dorn, Lauf, "Die Metallisierung keramischer Formteile für Hartlötung oder mehrfache Weichlötung".

5. Gruppe D : Schaltgeräte und Überspannungsschutz

Einführung: Dir.Weber, Berlin.

- 5.1 Möller, Heidelberg, "Kurzschlussfeste Motorschutzschalter".
- 5.2 G.Kirch, Berlin, "Neue Bauformen der Expansionsschalter".
- 5.3 F.Parschalk, Mannheim, "Überspannungsableiter im Rahmen der Isolationskoordination von Hochspannungsanlagen".

6. Gruppe E : Antriebe und Lichttechnik

Einführung: Dr.-Ing.habil.W.Krämer, Fröndenberg/Ruhr.

- 6.1 G.Lemcke, Mannheim, "Entwicklung und Stand der Technik von elektrischen Fördereinrichtungen für Bergwerke".
- 6.2 H.Jordan, Berlin, "Elektromagnetische Schwingantriebe".
- 6.3 C.H.Sturm, Eberbach, "Vorschaltgeräte für Niederspannungs-Leuchtstofflampen".

7. Gruppe F I : Elektrowärme

Einführung: Dipl.-Ing.H.Masukowitz, Frankfurt/Main.

- 7.1 W.Sorgenicht, Langenberg, "Induktive Erwärmung".
- 7.2 Kaufmann, Berlin, "Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Hochfrequenz-Induktionsmaschinen".
- 7.3 F.Walter, Berlin, "Anwendung elektrischer Energie hoher Stromstärken in Elektrothermie und Elektrochemie".

8. Gruppe F II : Elektrowärme

Einführung: Prof.Dr.-Ing.H.Müller, Langenberg/Rhld.

- 8.1 T.v.Hauteville, Stuttgart, "Das Wärme-Impuls-Verfahren".
- 8.2 K.H.Brokmeier, Dortmund, "Möglichkeiten der Modelluntersuchung in der Wärmeleitungsforschung".
- 8.3 H.Rademacher, Essen, "Mögliche Falschmessungen des Verbrauches von Elektroden-Durchlauferhitzern".

9. Gruppe G : Steuerung und Regelung

Einführung: Prof.Dr.-Ing.G.Lesch,Karlsruhe.

- 9.1 W.Schilling,Wolfenbüttel, "Transduktoren".
- 9.2 Curion,Erlangen, "Fortschritte in der Selbststeuerung von Wasserkraftanlagen".
- 9.3 Förster, Berlin, "Neues Verfahren zur Steuerung eines stromrichtergespeisten Umkehrantriebes".

10. Gruppe H : Fernmeldetechnik in Starkstromanlagen

Einführung: Prof.Dr.-Ing.W.Bader,Stuttgart.

- 10.1 A.Dennhardt,Hannover, "Entwicklungsrichtungen im Betriebsfernmeldewesen der Elektrizitätsversorgungs-Unternehmen".
- 10.2 de Quervain,Mannheim, "Leitungsgerichtete Trägerfrequenzübertragung längs Hochspannungsleitungen nach dem Einseitenbandverfahren und ihre Mehrfachausnutzung".
- 10.3 Blum,Berlin, "Fernsteuerung in Starkstromnetzen durch Überlagerung tonfrequenter Impulse".

11. Gruppe J : Funkentstörung

Einführung: Oberpostrat Dr.-Ing.W.Scholz,Darmstadt.

- 11.1 Nowak,Hannover, "Gegenseitige Beeinflussung von Empfängern beim Ultrakurzwellen-Frequenzmodulationsverfahren" (Mit Vorführungen)
- 11.2 W.Kebbel,Erlangen, "Funkentstörung und Frequenzstabilisierung von medizinischen Hochfrequenzgeräten".
- 11.3 K.Volk;Stuttgart, "Reichweiten der Zündkerzenentstörungen von Kraftfahrzeugen bei Amplitudenmodulations- und bei Frequenzmodulationsempfang; Entstörung durch störrarme Kerzen und störrarme Verteilerringer".

12. Gruppe K I : Drahtfernmeldetechnik

Einführung: Ministerialrat Dr.H.Düll,Darmstadt

- 12.1 D.Thierbach,München, "Die Trägerfrequenzsysteme im Fernsprechnetzt".
- 12.2 P.Oehlen,Köln, "Eindringen der Trägerfrequenztechnik in die Fernsprechnetztgruppen".
- 12.3 F.Heitzmann,Mannheim, "Neuartige Isolierung für Fernsprecht-, Tf- und Hf-Kabel- und -leitungen".

13. Gruppe K II : Drahtfernmeldetechnik

Einführung: Prof.Dipl.-Ing.H.Schönfeld,Hannover.

- 13.1 A.Mehlis,Stuttgart, "Die Lösungswege in der Fernwählvermittlungstechnik und ihre Freiheitsgrade".
- 13.2 M.Hebel,Hechendorf, "Eingliederung des handbedienten Fernverkehrs in ein zukünftiges Fernwahlnetz".
- 13.3 R.Zimmermann,München, "Der Siemens-Hell-Blattschreiber".

14. Gruppe L I : Hochfrequenztechnik

Einführung: Prof.Dr.H.H.Meinke,München.

- 14.1 W.Nestel,Hamburg, "Neuere Entwicklungen der Rundfunksendetechnik".
- 14.2 H.Rothe,Ulm, "Röhrenprobleme, die sich durch die Einführung des UKW-Rundfunks ergeben".
- 14.3 W.Kloepfer,Pforzheim, "Die hochfrequenten Einrichtungen des Übersee-Funksprechverkehrs".

15. Gruppe L II : Hochfrequenztechnik

Einführung: Prof.Dr.G.Leithäuser,Berlin.

- 15.1 R.Urtel,Pforzheim, "Die Ablenktechnik des Fernsehens".
- 15.2 R.Bredner,Hamburg, "Messgeräte für Fernsehempfänger".
- 15.3 K.Schmid,Pforzheim, "Über das Verhalten von Detektoren im Dezimeterwellengebiet" (mit Vorführung).

16. Gruppe L III : Hochfrequenztechnik

Einführung: Prof.Dr.F.W.Gundlach,Darmstadt.

- 16.1 K.O.Schmidt,Darmstadt, H.Werrmann,Berlin, "Die Planung von Richtfunkverbindungen".
- 16.2 H.Holzwarth,München, G.Ulbricht,Ulm, "Richtfunkanlagen mit Pulsphasenmodulation".
- 16.3 W.Berndt,Berlin, H.Bosse,Stuttgart,W.Kloepfer,Pforzheim, "Antennen für Ultrakurzwellen- und Richtfunkanlagen".

17. Gruppe M I : Messgeräte

Einführung: Dr.-Ing.H.Toeller,Frankfurt/Main.

- 17.1 W.Thal,Karlsruhe, "Neue Feinmess- und Präzisionsinstrumente für Gleich- und Wechselstrom".
- 17.2 J.Richter,Erlangen, "Der Kompensationsverstärker - ein neuer Photozellenkompensator".
- 17.3 H.Wechsung,Frankfurt/Main, "Fehlermessungen an Kabeln mittels Hochfrequenz".

- 6 -

18. Gruppe M II : Messgeräte

Einführung: Dir.Dr.-Ing.K.Schmiedel,Nürnberg.

- 18.1 H.Edler,Neuhaus, "Bedeutung von Lagerung und Reibung bei neuzeitlichen Motorelektrizitätszählern".
- 18.2 H.Grosse-Brauckmann,Berlin, "Kontaktgesteuerte Zähler und Tarifgeräte".
- 18.3 R.Bauer,Nürnberg, "Fortschritte im Bau von Trockenspannungswandlern".

19. Gruppe M III : Messgeräte

Einführung: Prof.Dr.-Ing.F. Moeller,Braunschweig.

- 19.1 P.Böning,Porz/Rhein, "Entnahme kleiner Leistungen aus Wechselspannungsnetzen für Messzwecke und zur Speisung von Telephoniegeräten".
- 19.2 v.Ferroni,Berlin, "Fortschritte auf dem Gebiet der Mehrfach-Elektronenstrahl-Oszillographien".
- 19.3 W.Denecke,Braunschweig, "Neue Verfahren zur Messung des Phasenwinkels und der Frequenz".

20. Gruppe N : Elektrophysik und Elektroakustik

Einführung: Dr.phil.F.A.Fischer,Darmstadt.

- 20.1 Th.Wasserrab,Mannheim, "Fortschritte in der Erforschung der Stromrichter-Gasentladungen".
- 20.2 Dr.P.Wenk,Erlangen, "Löten von Aluminium mit Ultraschall".
- 20.3 H.Kösters, Hamburg, " Methoden zur Erzeugung eines künstlichen Nachhalls".

Die Fachberichte sollen im August im vollen Wortlaut und mit den Diskussionsbeiträgen gedruckt vorliegen. Diese Drucke sind bestellt und werden nachgeliefert.

Vorab soll in der ETZ vom 15. Juli, in der auch der Vortrag von Prof. Küpfmüller erscheinen soll, eine Übersicht über den Inhalt gebracht werden.

Entgegen dem Brauch auf früheren Jahresversammlungen wurden dieses Jahr keine Zusammenfassungen des Inhaltes der verschiedenen Fachberichte verteilt.

- 7 -

IV. Inhalt des Festvortrages von Prof. Küpfmüller

über das Thema :

„ Die Technik der elektrischen Nachrichtenverbindungen „ .

Die Nachrichtentechnik befand sich während der 100 Jahre ihres Bestehens - die erste grössere elektrische Telegraphenanlage zwischen Berlin und Frankfurt/M sowie Berlin und Köln wurde 1851 in Betrieb genommen - in ununterbrochener Fortentwicklung, und immer vielseitiger wurden die Anwendungsgebiete. Der Vortragende skizzierte kurz die ~~die~~ verschiedenen Anwendungsgebiete wie Telegraphie, Telephonie, Klangübertragung durch Rundfunk- und Lautsprecheranlagen, Bild-Telegraphie, Fernsehen, Fernwirk-Anlagen, Fernmessenanlagen und Fernregelsysteme. Massgebend für die Anforderungen, die bei bestimmter Anwendung an den Übertragungsweg zu stellen sind, sind Frequenzband und Dynamik. An Hand interessanter Beispiele wurden die Anforderungen näher erläutert. Stärksten Impuls der Entwicklung gab die Einführung der Verstärkerröhre. Von vielen weiteren Erfindungen sind die Modulationsverfahren von besonderer Bedeutung. Das gilt vor allem für die Einseitenbandmodulation und in neuester Zeit für die Pulsmodulation. Die neuesten Modulationsverfahren sind unempfindlich gegen Ungenauigkeiten, Schwankungen, Störströme auf dem Übertragungsweg, brauchen dafür aber ein breites Frequenzband zur Übertragung der Impulse.

Den Hauptbestandteil der Verbindungen in den Nachrichtennetzen stellen noch die Leitungen, insbesondere unterirdische Kabelleitungen. Hier liegen bereits sehr viele internationale Normen vor. Die Notwendigkeit zur Schaffung immer neuer Verbindungswege bei geringstem Aufwand hat eine immer stärkere Ausnützung der Leitungen mit Trägerfrequenz-Kanälen zur Folge gehabt. Z.B. in Form der Schaffung einer Vielzahl von Fernsprech-Stromkreisen auf einer Leitung, von denen wiederum jeder auf 24 ebenfalls genormte Telegraphenkanäle oder auf eine entsprechende Vielzahl von Fernwirksignalen aufgeteilt werden kann. Kanäle zur Übertragung von Bildern und schriftlichen Nachrichten (Faksimile) mit einer Geschwindigkeit von rund 1 dm² je Minute sind ebenso in hoher Zuverlässigkeit sichergestellt, wie die Übertragung

breitester Bänder für Fernseh Zwecke. Als einer der modernsten Nachrichtenverbindungssysteme auf Kabeln bezeichnet der Vortragende die von der Deutschen Bundespost mit den Firmen AEG, F&G, M&G und S&H entwickelte »V 60«-Anlage, bei der~~en~~ auf einer Fernsprehdoppelleitung mit 1,2 mm dicken Kabeladern 60 Fernsprechkreise für weiteste Entfernungen dargestellt werden können. Beachtenswert ist auch die ausserordentliche Raumersparnis der Geräte, ein bei der starken Ausdehnung der Nachrichtenverbindungen ausserordentlich wichtiger wirtschaftlicher Gesichtspunkt. Mit Kabeln besonderer Konstruktion (Koaxiale Kabel), wie sie in Deutschland schon vor dem letzten Weltkrieg hergestellt wurden, können sogar auf einer Leitung nach der international gewordenen Norm 960 Fernsprechstromkreise gebildet werden. Mit interessanten Wirtschaftsvergleichen weist der Vortragende auch nach, wie die neuen Entwicklungen zu einer Herabsetzung des Kostenaufwandes für Nachrichtenverbindungsleitungen geführt haben.

In der neueren Zeit gewinnen nicht nur technisch, sondern auch umfangsmässig die Nachrichtenverbindungen auf Funkwegen starke Bedeutung, und zwar im wesentlichen auf Grund des Vordringens der Funktechnik in den Bereich immer kürzerer Wellen. Von der grossen Summe der Forschungs- und Entwicklungs-Arbeit sind besonders herauszustellen die Erforschung der Ausbreitungseigenschaften, die Anwendung des Einseitenbandverfahrens, die automatischen Regeleinrichtungen und die Mehrfachausnutzung einer Trägerwelle. Im Vortrag werden dann eine Reihe von Funkanlagen für kurze und Mikro-Wellen (Richtfunkverbindungen oder Relais-Linien) beschrieben.

In der Frage nach dem wirtschaftlichen Verhältnis zwischen Funklinien und Leitungslinien gibt der Verfasser an, dass die Anlagekosten in vielen Fällen bei der Funklinie niedriger als bei der Kabellinie liegen können; dagegen bedarf die Frage der Senkung der Betriebskosten einer Funklinie noch notwendig weiterer Entwicklung.

Zum Schluss seiner Ausführungen weist der Vortragende darauf hin, dass auch hier grosse Fortschritte erzielt worden sind, insbesondere hinsichtlich der Wähltechnik, bezeichnet es aber als auffällig, dass gerade die Wähltechnik auf der Erde noch

- 9 -

ausserordentlich uneinheitlich ist. Ebenso zeigt er kurz die in den neuen Erkenntnissen über die Theorie des Nachrichteninhaltes liegenden Möglichkeiten auf, nach denen die Nachrichtenströme nicht allein durch das Frequenzband, sondern auch durch die Zahl der Amplitudenstufen bestimmt sind. Daraus ergibt sich die Möglichkeit des Zusammendrängens der erforderlichen Frequenzbreiten bei den Übertragungssystemen, z.B. durch Anwendung der "künstlichen Sprache".

In weiterem Fortschritt der Entwicklungsarbeit sind weitere Erfolge hinsichtlich der Herabsetzung des Aufwandes für die Verbindungen und ihre Betriebssicherheit ebenso noch zu erwarten, wie im Hinblick auf die Schnelligkeit der Herstellung der Verbindungen und die Verbesserung der Übertragungsgüte.

V. Inhalt der Fachberichte über Funkentstörung, Hochfrequenztechnik und Elektroakustik

Es wurden immer gleichzeitig 4 Fachberichte aus verschiedenen Gebieten vorgetragen. Der Bericht konnte daher nur die Vorträge von einer der 4 Fachgruppen hören. Wunschgemäß besuchte er die Vorträge über Funkentstörung, Hochfrequenztechnik und Elektroakustik. Ihr Inhalt ist, soweit er dem Bericht mitteilenswert schien, nachstehend wiedergegeben.

In diesen Fachberichten wurde oft auf Arbeiten und Geräte Bezug genommen, die aus den USA stammen, und gesagt, daß man sich in Deutschland bemühe, den Vorsprung, den die USA haben, wenigstens auf einigen Gebieten einzuholen.

11. Gruppe J : Funkentstörung

Der Einführende, Oberpostrat Dr.Scholz vom Fernmeldetechnischen Zentralamt der Deutschen Bundespost in Darmstadt, wies daraufhin, daß jetzt auch auf der Empfängerseite Entstörmaßnahmen erforderlich sind.

11.1 Bericht von Dipl.-Ing. Nowak, Telefunken-Hannover, über:

"Gegenseitige Beeinflussung von Empfängern beim Ultrakurzwellen-Frequenzmodulationsverfahren":

Die physikalische Lösung dieses Problems ist leicht, dagegen weniger die wirtschaftliche-. So kostet die Verhinderung der Abstrahlung, die vom Empfänger selbst ausgeht, Geld. Am unan-

- 10 -

genehmsten ist hierbei der Pendelrückkopplungsempfänger.

Die 2. Störmöglichkeit ist das Rücksprechen. Es erfolgt, wenn ein starker Sender vom Nachbarn empfangen wird und wenn der Nachbarempfänger die Überlagerungsfrequenz ausstrahlt. Es ist daher Aufgabe der Sendegesellschaften, dafür zu sorgen, daß die Ortssender eine wesentlich höhere Feldstärke liefern als fernere Sender.

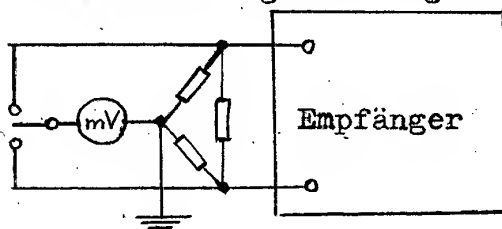
Drittens sind Störungen, zum Beispiel des Fernsehens, durch die Oberwellen des Oszillators möglich. Ihre Abstrahlung erfolgt über die Antennen, die Netzzuführung und das Empfängergehäuse.

Zur Vermeidung der von den Empfängern ausgehenden Störungen, hat die deutsche Empfängerindustrie vorgeschlagen, am Antennenanschluß höchstens folgende Spannungen zuzulassen:

2 mV bei Pendelrückkopplungsempfängern,

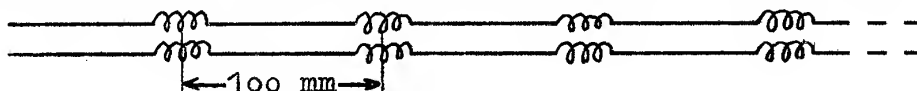
200 mV bei Überlagerungsempfängern.

Für die Messung ist folgende Schaltung vorgesehen:



Dieses Meßverfahren gibt nur grobe Werte und versagt bei Oberwellen. Zuverlässiger ist die Messung der Feldstärke in einer bestimmten Entfernung.

Zur Sperrung von Oberwellen wurde eine pupinisierte Antennenzuleitung entwickelt, die eine Sperrwirkung von 1:100 bei 5 Gliedern hat:



Als Kapazität wirkt die Kapazität zwischen den Leitern.

In der Diskussion weist Dr. Rupp, Stuttgart, darauf hin, daß sich die Ausstrahlung wesentlich verringern läßt, wenn man die Mischstufe im Gegentakt arbeiten läßt und die Oszillatorspannung im Eintakt zuführt.

Herr Nowak bemerkt hierzu, daß diese Maßnahme das Gerät zu sehr verteuert und daher, ebenso wie eine Vorröhre, nicht tragbar ist.

Dr.-Ing. Gutzmann, Rundfunktechnisches Institut Nürnberg, berichtet, daß Störungen durch enge Nachbarschaft von Empfängern bisher selbst in Prüffeldern nicht beobachtet worden seien. Demnach wäre diese Störungsart mit den bereits angewandten, einfachen Mitteln zu beherrschen.

11.2 Bericht von Dr. Kebbel, Siemens-Reinigerwerke, Erlangen,
über: " Funkentstörung und Frequenzstabilisierung von
medizinischen Hochfrequenzgeräten":

Fast alle bisher gemeldeten Störfälle wurden durch Kurzwellen-Therapiegeräte verursacht. Hochfrequenz-Chirurgiegeräte und Ultraschallgeräte sind nicht als ernste Störer anzusehen und sind meist mit geringem technischen Aufwand zu entstören.

Die Entstörung muß jetzt auf Grund des Hochfrequenzgesetzes erfolgen, das sich an die FCC-Regeln der USA anlehnt.

Für die Entstörmaßnahmen liegen reichhaltige Erfahrungen aus den USA vor. Diese Maßnahmen bestehen aus:

Einbau von Filtern in den Netzanschluß; Herabsetzung der Erzeugung, Auskopplung und Abstrahlung von Harmonischen; Frequenzstabilisierung.

Zur Herabsetzung der Harmonischen hat sich bewährt: Abschirmung des Oszillators im Gerät und reine induktive Auskopplung der Hochfrequenz in den Sekundärkreis.

Außerhalb der zugelassenen Frequenzen ist der Betrieb nur in Faraday'schen Käfigen möglich. Die Schirmwirkung der Käfige läßt aber mit der Zeit wegen der Oxydation der Türkontakte nach.

In der Diskussion lieferte Dr. Zumbusch, Telefunken, Dachau bei München, einen Beitrag über die Entstörung von Industrie-Generatoren:

Sie haben Frequenzen von 50^{Hz} bis 10000 MHz und Leistungen bis 100 kW. Die behandelten Werkstoffe ändern während der Behandlung ihren Widerstand sehr stark. Der Generator muß daher einstufig und eigenerrregt gebaut sein, da dieser seine Frequenz der Veränderung des Werkstoffes während der Behandlung anpaßt.

Die einzige Entstörmöglichkeit ist die Schirmung und die Netzverriegelung.

Prof. Leithäuser weist darauf hin, daß sehr viel erreicht werden kann, wenn die Entstörung bereits bei der Planung einer Industrieanlage berücksichtigt wird.

11.3 Bericht von Dipl.-Ing. Volk, R.Bosch GmbH., Stuttgart, über:

" Reichweiten der Zündkerzenentstörungen von Kraftfahrzeugen bei Amplitudenmodulations- und bei Frequenzmodulationsempfang; Entstörung durch störarme Kerzen und störarme Verteilerfinger ":

Wenn in die Zündkerzen und in den Verteilerfinger des Zünders je ein Widerstand eingebaut wird, geht die Störreichweite bei Amplitudenmodulationsempfang von 2000 m bis auf einige Meter zurück, bei Frequenzmodulationsempfang von 30 m auf 3 m bei etwa ~~etwa~~ 0,5 mV/m Feldstärke eines unmodulierten Trägers. (Die Mesungen für Amplitudenmodulationsempfang gelten für Empfang ohne Träger.)

Die Dämpfung durch Drahtwiderstände (Drahtdurchmesser 0,02 bis 0,03 mm, Widerstand etwa 10000 Ohm) ist um etwa 10 db besser als durch Massewiderstände, da die Kapazität der Drahtwiderstände gegen Masse geringer ist.

Eine gute Entstörung durch Widerstände kann für Frequenzmodulationsempfang wahrscheinlich die Entstörung durch Schirmung der gesamten Zündanlage ersetzen.

In der Diskussion empfiehlt Dipl.-Ing. Mackh, Beratender Ingenieur, Karlsruhe, die Drahtwiderstände möglichst dünn auszuführen, um ihre Kapazität gegen Masse zu verringern. In der Entstörf Wirkung entspreche ein 2000-Ohm-Drahtwiderstand einem 10000-Ohm-Massewiderstand.

Prof. Schwenkhagen, Bergische Akademie Wuppertal, regt an, die Entstörung dadurch zu verbessern, daß man die Entladung an der Zündkerze zu einer möglichst stetigen Entladung macht.

14. Gruppe L I : Hochfrequenztechnik

Der Einführende, Prof. Meinke, München, führt aus, daß der deutschen Hochfrequenztechnik vor allem die Röhrenentwicklung fehlt. Zur Zeit würden nur ausländische Typen nachgebaut. Auch ^{im} Kriege sei Deutschland in der Röhrenentwicklung am meisten zurück gewesen. Ferner fehle es den deutschen Hochfrequenzlaboratorien an Mitteln. Während z.B. einem USA-Laboratorium, in dem er 1/2 Jahr gearbeitet habe, für 12 Ingenieure 500000 DM für Anschaffungen zur Verfügung ständen, habe ein ebenso großes Laboratorium in Deutschland jährlich nur etwa 10000 DM zur Verfügung.

14.1 Obering. Peters, Nordwestdeutscher Rundfunk (NWDR), Hamburg,

verließt den Bericht von Dr.Nestel, NWDR-Hamburg, über:

" Neuere Entwicklungen der Rundfunk-Sendetechnik " :

Laufzeitfehler werden nach dem Verfahren der Fehlerwiederholung untersucht. Hiernach ist ein Fehler umso größer, je weniger er wiederholt werden muß, um bemerkbar zu werden.

Die Mikrophon-Dynamik konnte auf 100 db gesteigert werden.

Die deutschen UKW-Röhren erlauben eine Leistungsverstärkung von 1 : 10 , während ausländische nur eine Leistungsverstärkung von 1 : 2 bis 1 : 3 haben.

Von einem einzigen Sendemast können bei geeigneter Schaltung 2 Mittelwellen und 2 UKW-Wellen gleichzeitig ausgestrahlt werden.

Auf Mittelwelle sollte kein Rundfunksender mehr eingerichtet werden, wenn statt dessen ein UKW-Sender möglich ist, da die Güte der Wiedergabe bei UKW unvergleichlich höher ist.

Bei UKW wünschen die Hörer, die hohen Töne wieder zu hören, während sie bei Mittelwellenempfang (wahrscheinlich wegen der Verschlechterung der Wiedergabe durch benachbarte Sender) eine dunkle Klangfarbe bevorzugen.

14.2 Der Vortrag von H.Rothe, Ulm, fiel aus. Statt dessen berichtete Prof.Meinke, München, über seinen sechsmonatigen Aufenthalt in den USA:

Die USA sind Deutschland in dem Volumen der Entwicklung weit überlegen. Nur auf dem Gebiet der Meßtechnik kann Deutschland noch mitreden. Die konstruktive Gestaltung der Meßgeräte ist jedoch oft wesentlich besser als in Deutschland.

Besonders interessante amerikanische Meßgeräte werden im Lichtbild gezeigt (aus Firmen-Prospekten entnommen) und beschrieben, z.B. ein Abschlußwiderstand für Kabel bis 40000 MHz und Thermistoren.

Prof.Meinke schlägt vor, Thermistoren auch in Deutschland zu bauen. Von Nachteil sei, daß sie nicht evakuiert und daher stark von der Temperatur der Umgebung abhängig sind.

In der Diskussion wird darauf hingewiesen, daß während des Krieges in Deutschland Thermistoren von Osram aus Titan-Spinell gebaut wurden und daß jetzt von Siemens & Halske - Heidenheim Thermistoren hergestellt werden.

14.3 Bericht von W.Kloepfer, C.Lorenz AG., Pforzheim, über :

" Die hochfrequenten Einrichtungen des Übersee-Funksprechverkehrs " :

Durch Anwendung des Einseitenbandverfahrens (im Bereich von 12 bis 45 m Wellenlänge) wird der Empfang weitgehend unabhängig von Schwunderscheinungen des Trägers, der bis auf 5 % unterdrückt wird.

Der grundsätzliche Aufbau einer Sende- und Empfangsanlage mit einseitiger Übertragung von 4 Niederfrequenzbändern wird beschrieben.

Die Frequenz-Nachstimmung des Trägers erfolgt mit einem Drehfeld, das einen Kondensator verstellt, bis kein Frequenzunterschied mehr besteht.

Ein Antennenverteiler, der nach dem Kreuzschienensystem aufgebaut ist, wurde im Lichtbild gezeigt.

15. Gruppe L II : Hochfrequenztechnik

Der Einführende, Prof.Leithäuser, Berlin, führt aus :

Bei Fernsehröhren wird die magnetische Ablenkung bevorzugt, da sie außerhalb der Röhre liegt, also zum Gerät gehört, und da sie sich der Form des Leuchtschirmes besser anpassen läßt. Letzteres ist bei elektrostatischer Ablenkung schwierig, da der Leuchtschirm groß im Verhältnis zur Röhrenlänge ist.

Im Dezimeterwellengebiet wird jetzt wieder auf Detektoren zurückgegriffen, da Gleichrichterröhren schwer zu beschaffen sind.

15.1 Bericht von Dr.-Ing.Urtel, C.Lorenz AG., Pforzheim, über :

" Die Ablenktechnik des Fernsehens " :

Beschreibung der zur Zeit bekannten Verfahren. Die Ablenkschaltung liefert über einen Transformator gleichzeitig die Anodenspannung für die Braunsche Röhre.

15.2 Bericht von R.Bredner, Philips-Hamburg, über :

" Meßgeräte für Fernsehempfänger " :

Aus dem Firmen-Katalog von Philips werden gezeigt und beschrieben:

Die Fernsehprüfsender GM 2657 und GM 2887;

Der Elektronenstrahloszillograph GM 5653 mit einem Verstärker, der zwischen 1 Hz und 1 MHz praktisch gleiche Amplitude und Phase hat;

- 15 -

Das Hochfrequenz-Millivoltmeter GM 6006 mit dem Meßbereich 1 mV bis 1 kV (kleinster ablesbarer Wert : 50 μ V), Frequenzbereich 1 kHz bis 30 MHz.

Alle Geräte werden noch nicht in Deutschland sondern in Eindhoven(Holland) hergestellt.

15.3 Bericht von Dipl.-Ing.Schmid, C.Lorenz AG., Pforzheim;

" Über das Verhalten von Detektoren im Dezimeterwellengebiet (mit Vorführungen) " :

Die Detektoren für Dezimeterwellen werden entsprechend den in USA standardisierten Größen gebaut.

Bei Silizium-(Halbleiter)-Detektoren ist es nicht mehr nötig, die empfindlichste Stelle zu suchen, da sie jetzt hinreichend homogen hergestellt werden können. Ihr Bahnwiderstand beträgt 10 bis 50 Ohm, die Nadelinduktivität 2,8 nH, die Kapazität der Grenzsicht 0,8 bis 1,4 pF.

Das Ersatzschaltbild und die Ortskurven von Dezimeterwellen-Detektoren wurden erläutert.

Die Messung des Widerstandes eines Detektors wurde bei 15 cm Wellenlänge mit einer rotierenden Eichleitung vorgeführt.

16. Gruppe L III : Hochfrequenztechnik

16.1 Bericht von Oberpostrat Dr.K.O.Schmidt, Fernmeldetechnisches Zentralamt der Deutschen Bundespost, Darmstadt, über:

" Die Planung von Richtfunkverbindungen "

Die Bedingungen für eine gute Verbindung sind:

1. Die Verbindungslinie zwischen Sender und Empfänger muß hinreichend hoch über der Erde usw. liegen, um Beugungen (Fresnel-Effekt) zu vermeiden;
2. Das Kabel zwischen Sender und Antenne darf nicht länger als 10 m sein, da sonst der Laufzeiteffekt (long line effect) auftritt;
3. Die Stromversorgung muß gesichert sein;
4. Der Antennenturm muß hinreichend dreh- und biegesteif sein, damit der Richtstrahl nicht am Empfänger vorbeigeht (höchstzulässiger Drehwinkel 0,1° bei einem Strahl von 2 bis 5° Breite);
5. Der Antennenturm muß in das Landschaftsbild passen;
6. Billiger Serienbau der Türme muß möglich sein;

7. Die Türme müssen hinreichend einbruchssicher sein ^{dort};
8. Der über den Empfänger hinausgehende Strahl/einen der nächsten Empfänger nicht beeinflussen. Daher wird zwischen 2 Wellen gewechselt und außerdem die Strecke im Zickzack geführt.

Dr.-Ing. Werrmann, Siemens & Halske, Berlin, ^{vergleicht/} sodann das Breitband-Richtfunksystem (das der CCI-Empfehlung entspricht) mit einer Verbindung durch ein Koaxialkabel:

Bei der Richtfunkverbindung entsteht ein Klirrfaktor durch die Modulation und die Demodulation sowie durch Laufzeiteffekte, der nur die Hälfte der Gespräche zu übertragen gestattet, wie man auf Grund von theoretischen Überlegungen zunächst annehmen möchte. Zur Zeit sind nur Laufzeiten unter 10^{-9} Sekunden zu erreichen, während zur vollen Ausnutzung der Bandbreite Laufzeiten unter 10^{-10} Sekunden erforderlich wären.

Ein Vergleich der Anlagekosten ergibt, daß 1950 eine Richtfunkverbindung etwa 40 % billiger war als ein Koaxialkabel mit der gleichen Leistungsfähigkeit. Die Betriebskosten der Richtfunkverbindung sind zur Zeit wegen der Röhren-Ersatzkosten noch erheblich höher als bei Koaxialkabel. In Zukunft dürften die Betriebskosten ungefähr gleichgroß werden.

16.2 Bericht von Dr.Holzwarth, Siemens & Halske, München, über:

" Richtfunkanlagen mit Pulsphasenmodulation " :

Vorteile der Pulsphasenmodulation: Geräuschminderung und geringere Anforderungen an die Hochfrequenz- und Übertragungsgeräte.

Im Vergleich zu einer Übertragung über Freileitungen betragen die Anschaffungskosten etwa 65 %. Die Betriebskosten sind ungefähr gleich.

G.Ulbricht, Telefunken-Ulm, bemerkt hierzu ergänzend: Der Sender ist ein Scheibenrohrsender (für 15 cm Wellenlänge). Die Röhre wird aus USA bezogen. Er beschreibt die Sende- und Empfangsanlage " Ida 22 " von Telefunken. Die Sendeantenne hat einen Spiegel von 3 m Durchmesser.

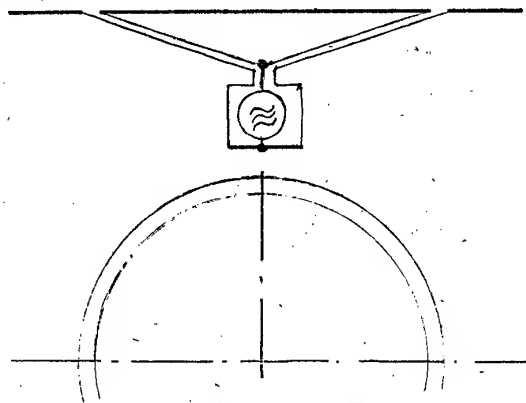
16.3 Bericht von W.Berndt, Telefunken-Berlin, über :

" Antennen für Ultrakurzwellen- und Richtfunkanlagen " :

Folgende horizontalpolarisierte Antennen werden beschrieben:
Antennen mit U-förmigen Dipolen, Drehfeldantennen und Ringstrahler = schlitzzgespeister Ringstrahler.

H.Bosse, C.Lorenz AG., Stuttgart, erklärt die Wirkungsweise von Rohr-Schlitzantennen, die mit halber und ganzer Wellenlänge schwingen. Der nach der Leitungstheorie berechnete Fußpunkt-widerstand stimmt gut mit dem gemessenen Widerstand überein.

W.Kloepfer, C.Lorenz AG., Pforzheim, ^{bringt/}die Ortskurve des Widerstandes am Ringspalt und das Strahlungsdiagramm als Ergebnisse von theoretischen Untersuchungen und von Messungen an einer Ringspaltantenne:



W.Stähr, Siemens & Halske, Berlin, berichtet über Antennen für Meterwellen mit möglichst kleinem Luftwiderstand. Er zeigt als Beispiel eine Tannenbaum-Antenne mit Dipolen, die elliptischen Querschnitt haben. Hierdurch wird der Luftwiderstand auf $1/3$ herabgesetzt.

20. Gruppe N : Elektrophysik und Elektroakustik

Die Einführung besorgte Prof.Grützmaker, Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig anstelle von Dr.Fischer, Darmstadt.

20.1 Dr.-Ing.Wasserrab, Brown, Boverie & Cie, Mannheim, berichtete

über : " Fortschritte in der Erforschung der Stromrichter-Gasentladungen " :

a) Glühkathoden werden jetzt ebenso als Oxydkathoden ausgeführt wie die Kathoden der Verstärkerröhren. Mit Elektronenmikroskop und Elektronenbeugung wurde festgestellt, daß es sich bei der Oxydschicht um einen homogenen Überschuß-Halbleiter handelt. Die Verbesserung der Oxydkathoden durch das Aufdampfen von

Cäsium auf Wolfram erscheint aussichtsreich. Das Cäsium wird vom Wolfram absorbiert (Langmuir). Bei 700°K liefern Cäsium-Kathoden die 10^{20} -fache Emission wie Wolfram.

b) Bei Quecksilberkathoden entsteht die Emission durch das elektrische Feld, wie neuere englische Messungen bewiesen haben. Hiernach ist die Stromdichte im Kathodenfleck 10^6 A/cm^2 , ~~was~~ was der Theorie von Langmuir entspricht.

c) Die Temperatur des neutralen Gasringes um die positive Säule ist bei geringer Belastung gleich der Wandtemperatur. Sie nimmt bei wachsender Belastung und bei höheren Gasdrucken zu. Hierdurch entsteht die bekannte Dampfströmung..

d) Auf einen Cäsium-Stromrichter der General Electric mit sehr niedriger Brennspannung (z.B. 2,5 V bei 260 A) wird hingewiesen.

e) Zur Vermeidung von Rückzündungen ist größte Sauberkeit des Entladungsgefäßes, sehr gute Entgasung und eine Begrenzung der Belastung erforderlich. In USA rechnet man bei Einkanoden-Gefäßen mit 10 mal so viel Rückzündungen wie hier.

20.2 Dr.P.Wenk, Siemens-Schuckert-Werke, Erlangen, berichtet über:

" Löten von Aluminium mit Ultraschall " :

Ein Gerät wird vorgeführt, das mit 20 kHz arbeitet, 45 VA verbraucht und dessen Handapparat 400 g wiegt. (Auch im Ausland werden solche Geräte gebaut.)

Die Oxydschicht wird während des Lötens zerstört, aber auch das Aluminium wird angegriffen. Physikalisch entspricht dieses Löten dem Reiblöten.

Folgende Lötverfahren werden beschrieben:

a) Kleinere Teile (z.B. Drähte) werden im fremdgeheizten Zinnbad, das in Ultraschallschwingungen versetzt wird, verzinkt und dann normal gelötet.

b) Größere Teile werden fremdgeheizt (auf etwa 250°C) und dann mit Ultraschall und Zinn gelötet.

c) Aluminiumseile müssen aufgespleist werden, da sonst nur die äußeren Drähte verzinkt werden.

Zum Löten ist Reinzinn erforderlich. Auch eine Legierung aus 80 % Zinn und 20 % Zink ist brauchbar. Die sonst zum Löten üblichen Zinn-Blei-Legierungen haben sich nicht bewährt.

Die Festigkeit einer Lötstelle zeigte folgender Zerreiversuch:
2 Aluminiumbleche, die mit 6 mm Überlappung aneinandergeltet
waren, rissen nicht an der Lötstelle sondern an einer anderen
Stelle.

20.3 Dr.H.Ksters, 'Nordwestdeutscher Rundfunk, Hamburg, berich-
tet über : " Methoden zur Erzeugung eines künstlichen
Nachhalles " :

Es handelt sich um die schnelle Anpassung (Änderung) der Nach-
hallzeit eines Aufnahme-(Mikrophon)-Raumes für Rundfunksendungen
an die darzustellende Umgebung (z.B. freier Raum, großer Saal,
kleines Zimmer).

In Deutschland beginnt man jetzt auch auf diesem Gebiet zu arbei-
ten. Einige in USA ausgeführte Anlagen werden beschrieben.

VI. Anlagen (in gesonderter Mappe)

1. Verzeichnis der Teilnehmer an der Hauptversammlung des
VDE in Hannover 1951
2. Verzeichnis der Mitglieder des VDE 1951
3. Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ), Heft vom 1. Juni 1951
4. Der Elektrotechniker, Heft Juni 1951
5. Industrie-Kurier vom 12.6.51 mit der Beilage "Technik und
Forschung"
6. Handelsblatt vom 13.6.51 mit der Beilage "Die Technische
Linie"
7. Prospekte über technische Bcher

angefangen: 19
beendet: 19



Leitz-Hofter
•Rapid•



ELEKTRO- TECHNIK UND RUNDFUNK

Allgemeines, Maschinen, Transformatoren, Anlagen, Schaltungen,
Meßkunde, Leitungen und Apparate, Elektrizitätswerke, Bahnen,
Fernmeldetechnik, Hochfrequenztechnik und Rundfunktechnik

Fr. Weidemann's Buchhandlung

H. Witt

O H G

Fachbuchhandlung für technische Literatur

Schillerstraße 17
Eingang Limburgstr.

Hannover

Techn. Hochschule
Hauptgebäude

FACHBUCHVERZEICHNIS

IV. Elektrotechnik

Inhalt:	Seite
1. Lehr- und Handbücher. Allgemeines	1
2. Elektrische Maschinen und Transformatoren	4
3. Elektrische Licht- und Kraftanlagen. Schaltungen	5
4. Elektrische Meßkunde. Leitungen und Apparate.	6
5. Elektrizitätswerke. Elektrische Bahnen	8
6. Fernmeldetechnik	8
7. Hochfrequenztechnik. Rundfunktechnik	11

Dieses Fachbuchverzeichnis enthält alle für Studium und Praxis wichtigen Fachbücher und ist unabhängig von den einzelnen Verlegern zusammengestellt. Die Preise sind, wenn nicht ausdrücklich anders vermerkt, in DM-West nach dem Stande vom 1.3.1951 angegeben. Bücherpreise sind geschützte Festpreise.

Bei den einzelnen Titeln sind angegeben: Verfasser, Titel, Auflage, Erscheinungsjahr, Seitenzahl, Zahl der Abbildungen, Lagernummer des Buchhändlers, Einband und Preis.

Die auf der Außenseite vermerkte Buchhandlung hat diese Werke am Lager oder besorgt sie Ihnen schnellstens. Bitte bedenken Sie dies bei Ihren Einkäufen.

Wir begrüßen die

VDE-Mitglieder

zur Tagung in Hannover 1951

als

Fachbuchhandlung für technische Literatur.

Beachten Sie bitte unsere

Fachbuchausstellungen

in der Niedersachsenhalle und bei den Fachvorträgen in der
Technischen Hochschule.

Anbei

erhalten Sie unser neues **Fachbuchverzeichnis IV**

Elektrotechnik und Rundfunk.

Unsere Büchertische und dieses Verzeichnis werden Sie von
unserer Leistungsfähigkeit überzeugt haben, daß unsere
Fachbuchhandlung gerade auf den Gebieten „Elektrotechnik“
und „Rundfunk“ ein großes Lager unterhält und daß wir im
Stande sind, alle Spezialwünsche in kurzer Zeit zu erfüllen.

Bitte bewahren Sie sich dieses Verzeichnis auf. Bei allen
Fragen über Fachbücher jeden Gebietes schreiben Sie bitte
an uns. Bestellen Sie Ihren Buchbedarf bei uns in Hanno-
ver. Wir erfüllen Ihre Wünsche schnell und zuverlässig.

In Fachbuchfragen wenden Sie sich immer an

Weidemann's Buchhandlung

Hannover

Schillerstr. 17

Dipl.-Ing. A. Nowak — Obering. F. Schilling

Vom Dipol zum Lautsprecher

Die Empfangstechnik frequenzmodulierter UKW-Sendungen.

1950, 296 Seiten, 190 Abbildungen, in haltbarem Kunstleder. 14,80

Zwei Autoren haben hier den Versuch unternommen, ein Buch über dasselbe Thema zu schreiben. Dipl.-Ing. Nowak schrieb den rein fachlichen Teil, Obering. Schilling den allgemeinverständlichen.

Ob der Versuch gelungen ist? Hier ein Auszug aus einer der vielen Besprechungen, die uns seit Erscheinen des Buches erreichten:

„Dieses Werk ist inhaltlich wie ausstattungsmäßig eines der besten Bücher, die in der letzten Zeit erschienen sind. Der Inhalt erhält sein besonderes Gewicht dadurch, daß sich der eine Verfasser in Normalschrift an den Techniker, der andere in Kursivschrift an den Nichttechniker wendet. Als Ergebnis dieser fruchtbaren Arbeitsteilung entstand ein Buch, das sowohl dem technischen Laien eine klare und leichtverständliche Einführung in diese nicht leichte Materie gibt und andererseits dem erfahrenen Fachmann eine außerordentlich gründliche Kenntnis der UKW-FM-Technik vermittelt, wobei die eigentlich für den Laien geschriebenen Abschnitte für den Fachmann gewissermaßen eine den Inhalt bildhaft zusammenfassende Übersicht bedeuten... Wir glauben, daß dieses Werk schon in kurzer Zeit zu den Standardwerken der Radio-Technik zählen wird und wünschen ihm eine der Qualität seines Inhalts entsprechende Verbreitung...“

Allgemeine Rundfunktechnik, Bielefeld, Januarheft 1951.

Ing. VDE Erich Wrona

Ultrakurzwellen-

Frequenzmodulation

1949, 45 S., 35 Abb. kt. 2,50

Kleines UKW-Praktikum

1950, 111 S., 56 Abb. kt. 4,80

Zwei Werke über das Gebiet der UKW-FM-Technik, die sich ihren festen Platz in der Fachliteratur bereits erworben haben.

In Vorbereitung

Dr. Cantz

**„Handbuch-
Rundfunkröhren“**

Dr. Zumbusch

Antennen-Handbuch

Bruch

Fernsehempfänger

Schaltung, Aufbau und Wirkungsweise

VERLAG WEIDEMANNS BUCHHANDLUNG, HANNOVER

Elektrotechnik

1. Lehr- und Handbücher. Allgemeines.

- Arnold, A. I.**, Elektrotechn. Selbsthilfe im Haushalt. 48. 64 S. 48 Abb. M6 kart. 1,50
Arnold, R., Taschenbuch für Elektriker. 4. Aufl. 45. 167 S. m. Abb. G20 kart. 2,40
Bader, W., Einführung in die Elektrotechnik. 50. W20 Teil 1: 82 S. 63 Abb. kart. 5,50
Becker-Voigt, Mathematisches Hilfsbuch für die Wechselstromtechnik.
3. Aufl. 49. 413 S. 130 Abb. J2 kart. 7,60
Bergtold, F., Die große Elektro-Fibel. 4. Aufl. S12 in Vorbr.
Blatzheim, W., Fachkunde für Elektriker. D19
Teil 1: Allg. Elektrotechnik. 50. 150 S. 215 Abb. kart. 4,80
Teil 2: Elektrische Maschinen und Meßgeräte. 9. Aufl. 248 S. kart. 5,80
Teil 3: Die Installierung von Starkstromanlagen. i. Vorbr.
Teil 4, A: Fachrechnen f. Elektriker (Berufssch.). 12. Aufl., 106 S., 32 Abb. kt. 3,40
Teil 4, B: Fachrechnen f. Elektriker (Fachsch.). 93 S., 37 Abb., kt. 3,80
Teil 5: Leitungsberechnungen und Kalkulation. i. Vorbr.
Bodé-Wagner, Elektrotechnik. Vorbereitung für die Gesellen- und Meisterprüfung.
24. Aufl. 49. 484 S. m. Abb. K16 geb. 9,80
Bomke-Gefahrt, Einführung in die Theorie der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen
in Leitungen und Hohlkabeln. 50. 163 S. 47 Abb. W19 geb. 21,50
Bragg, L., Elektrizität. S40 i. Vorbr.
Brödner-Wolf, Elektrotechnik im Betrieb. 5. Aufl. 49. 192 S. m. Abb. G3 kart. 6,60
Büscher, G., Elektrotechnik in Bildern. 50. F9. Teil 1: 70. T. 128 S. 557 Abb. geb. 6,80
Däschler, A., Elektrotechnik. Ein Lehrbuch f. d. Praktiker. 50. 184 S. 252 Abb. C5 5,80
Demuth, W., Die festen Isolierstoffe d. Elektrotechnik als Bau- u. Austauschstoffe.
51. 233 S., 99 Abb. M11 geb. 24,—
Dosse-Mierdel, Der elektrische Strom im Hochvakuum und in Gasen.
2. Aufl. 45. 358 S. 184 Abb. H18 kart. 24,—
Dünner, E., Einführ. in d. Elektrotechnik. 47. 476 S. 442 Abb. (Schweiz) geb. sfr. 36,—
Flegler, E., Grundgebiete der Elektrotechnik. 48. 302 S. m. Abb. W16 geb. 10,30
Friedrich, W., Tabellenbuch für Elektrotechnik. (C) 199. Aufl. 49. 304 S. D19 kart. 3,80
— Fachzeichnen für Elektriker, D19
Teil 1: für Anfänger, 51. Aufl. Teil 2: für Fortgeschrittene und Fachschulen,
20. Aufl. Teil 3: Meisterlehrgänge, 9. Auflage. Teil 4: Fernmeldetechnik, 5. Aufl.
kart. je 1,50
— Leitfaden f. d. Fachunterricht i. Elektrikerklassen. 80. Aufl. 50. 80 S. D19 kt. 2,80
— Elektrotechnisches Schaltungsbuch. 120. Aufl. 142 S. D19 kart. 1,50
— Elektrofachkunde. D19 i. Vorbr.
Gabler, E., Elektro-Fachkunde. H36
Teil 1: Grundlagen der Gleichstromtechnik. 8. Aufl. 49. kart. 2,30
Teil 2: Grundlagen der Wechselstromtechnik. 4. Aufl. 49. kart. 3,—
— Elektro-Rechnen, H36
Teil 1: Gleichstromtechnik. 11. Aufl. 56 S. 45 Abb. kart. 1,80
Teil 2: Wechselstromtechnik. 7. Aufl. 40 S. 37 Abb. kart. 1,90
Gänger, B., Einführung i. d. allgem. Elektrotechnik. 48. 352 S. 267 Abb. B20 geb. 16,—
Gerber-Hoffmann, Taschenmerkbuch für Elektro- und Rundfunktechniker. 49.
184 S. 83 Abb. V11 geb. 6,50
Graf, W., Grundlagen der Elektrotechnik. (Bd. Schwachstrom) 4. Aufl. 49.
224 S. 211 Abb. W29 geb. 9,80
Gringel-Hutschenreiter, Lehr- und Experimentierbuch für Elektrotechnik mit
Fachrechnen. 49. H12
Band 1: Grundgesetze des elektrischen Gleich- und Wechselstromes.
7. Aufl. 72 S. 82 Abb. kart. 2,20

- Band 2: Gleich- und Wechselstrommaschinen, Umspanner, Umformer, Meß-
instrumente. 6. Aufl. 72 S. 100 Abb. kart. 2,20
- Band 3: Installationskunde. 72 S. 18 Abb. kart. 2,20
- Band 4: Einführung in die Radiotechnik. i. Vorbr.
- Band 5: Grundsaltungen aus der Elektrotechnik. i. Vorbr.
- Gruber, B.**, Sieben Formeln genügen. Vorbereitung zur Gesellen- und Meisterprüfung
im Elektrohandwerk. 11. Aufl. 48. 235 S. 423 Abb. 01 kart. 4,80
- Üben mit sieben Formeln zur Gesellenprüfung. 6. Aufl. 50. kart. 2,40
92 S. 31 Abb. 01
- Üben mit sieben Formeln zur Meisterprüfung. 6. Aufl. 51. kart 4,—
126 S. 48 Abb. 01
- Gruber-Poschenrieder**, Elektrotechnisches Fachrechnen. 13. Aufl. 48. kart, 4,—
143 S. 26 Abb. 01
- Elektrotechnische Grundlagen. E4
- Band 1: Gleichstrom. 12. Aufl. 46. 134 S. m. Abb. kart. 3,—
- Band 2: Wechselstrom. 12. Aufl. 46. 151 S. m. Abb. kart. 3,—
- Haberland, G. u. F.**, Elektrotechnische Lehrbücher. J2
- Band 1: Gleichstromtechnik. 8. Aufl. 50. 112 S. kart. 3,—
- Band 2: Magnetismus und Wechselstromtechnik. 8. Aufl. 50. 148 S. kart. 4,20
- Band 3: Gleichstrommaschinen. 8. Aufl. 50. 140 S. kart. 3,50
- Band 4: Wechselstrommaschinen, Transformatoren und Stromrichter.
8. Aufl. 50. 206 S. kart, 5,20
- Heiligenstein, H.**, Elektrotechnik. H12 Teil 1: Untersuchung grundlegender elektr.
Vorgänge. 49. 96 S. kart. 4,80
- Teil 2 und 3 in Vorbereitung.
- Hochkirch**, Die Elektrotechnik. Leitfaden für die Meisterprüfung.
48. 162 S. 129 Abb. B34 kart. 5,80
- Hölcke-Helmke-Blichenberg**, Das Rechnen der Elektriker. (Aufgaben und Lösungen.)
5. Aufl. 49. 191 S. E4 kart. 5,80
- Hubaur, R.**, Grundlagen der Elektrotechnik. 3. Aufl. 47. 177 S. D20 geb: 5,—
- Kleines Hilfsbuch f. d. Starkstromtechnik. 49. 219 S. 201 Abb. D20 geb. 8,—
- Hueter, E.**, Die symmetrischen Komponenten unsymmetrischer Drehstromsysteme. 49.
47 S. 35 Abb. G6 kart. 2,40
- Jentsch, G.**, Grundlehren der Elektrotechnik. S6. Teil 1: Das elektrostatische Feld und
der Gleichstrom. 49. 224 S. 136 Abb. geb. 8,—
- Küpfmüller, K.**, Einf. i. d. theor. Elektrotechnik. 3. Aufl. 41/48. 363 S. 378 Abb. S29
kart. 18,—
- Kuhlmann, K.**, Theor. Elektrotechnik. B48. Bd. 2: Grundzüge der Theorie der Wechsel-
ströme u. des einphasigen Transformators. 47. 184 S. 121 Abb. geb. sfr. 26,50
- Band 1 und 3 in Vorbereitung.
- Laurik, H.**, Der Elektrohelfer. 2. Aufl. 49. 52 S. F9 kart. 1,50
- Lehmann, W.**, Der Elektroinstallateur. 5. Aufl. 50. 288 S. 438 Abb. P14 geb. 7,50
- Linse, H.**, Elektrotechnik für Alle. 49. 148 S. 178 Abb. F9 geb. 12,—
- Linz, H.**, Fachrechnen für Elektriker. Wechselstromtechnik. 48. 152 S. M19 kart. 5,—
- Maler, G.**, Grundlagen der Elektrotechnik. 2. Aufl. 50. 527 S. 397 Abb. C5 geb. 24,—
- Matthias, A.**, Der elektr. Durchbruch fester u. flüssiger Isolierstoffe. V28 i. Vorber.
- Meinke, H. H.**, Felder und Wellen im Hohlleiter. 49. 148 S. 131 Abb. 01 15,—
- Mie, G.**, Lehrb. d. Elektrizität u. d. Magnetismus. 3. Aufl. 48. 666 S. 319 Abb. E6 geb. 50,50
- Moeller, F.**, Elektrotechnisches Praktikum. (Labor, Prüffeld, Betrieb.)
49. 319 S. 195 Abb. S29 geb. 20,—
- Moeller-Werr**, Leitfaden der Elektrotechnik. T3
- Bd. 1: Grundlagen der Elektrotechnik. 4. Aufl. 49. 368 S. 257 Abb. geb. 12,50
- Bd. 2, Tl. 1: Gleichstrommaschinen. 4. Aufl. 50. 140 S. 79 Abb. geb. 6,10

- Bd. 2, Tl. 2: Wechselstrommaschinen. 2. Aufl. 51 in Vorbereitung
 Bd. 3: Konstruktion elektrischer Maschinen. 50. 178 S. 732 Abb. geb. 12,—
- Müller, C.**, Einf. i. d. symbolische Methode der Wechselstromtechnik.
 3. Aufl. 49. 138 S. J2 kart. 5,80
- Oberdorfer, G.**, Lehrbuch der Elektrotechnik. 01
 Bd. 1: Die wiss. Grundl. d. Elektrotechnik. 5. Aufl. 48. 502 S. 300 Abb. geb. 19,30
 Bd. 2: Rechenverfahren und allg. Theorien d. Elektrotechnik.
 5. Aufl. 49. 426 S. 139 Abb. geb. 18,20
 Band 3 und 4 in Vorbereitung.
- Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik. 50. ca. 400 S. 230 Abb. S40 i. Vorber.
 — Lexikon der Elektrotechnik. 50. ca. 300 S. 300 Abb. S40 in Vorbereitung
- Raskop, F.**, Isolierlacke, deren Eigenschaften und Anwendung in der Elektrotechnik.
 2. Aufl. 48. 185 S. 83 Abb. C5 kart. 9,—
- Reinhardt, R.**, Die Elektrotechnik in allgemein verständlicher Darstellung.
 2. Aufl. 49. 683 S. 920 Abb. J2 kart. 7,60
- Rusteberg-Küchmann**, Elektrotechnische Formeln. 7. Aufl. 50. 72 S. H36 kart. 1,40
- Rziha, E. v.**, Starkstromtechnik. Taschenbuch für Elektriker.
 8. Aufl. ca. 1500 S. m. v. Abb. E8 in Vorbereitung
 erscheint voraussichtlich in 5 Teilen. Vorzugspreis 1. Teil geh. 24,—
- Safarik, J.**, Der Elektrotechniker. 3. Aufl. 195 S. 176 Abb. B32 geb. 6,80
- Safarik-Vojta**, Grundlagen der Elektrotechnik. 262 S. 241 Abb. B32 7,50
- Schönholzer, E.**, Kurze Repetition d. elementaren und höheren Math. und Wechselstrom-
 technik. 45. 344 S. 186 Abb. S57 geb. 18,—
- Schulze, A.**, Metallische Werkstoffe in der Elektrotechnik.
 49. 404 S. 250 Abb. M27 geb. 24,—
- Schumann, W. O.**, Elektromagnet. Grundbegr. 3. Aufl. 50. 208 S. 202 Abb. 01 kart. 15,—
- Seffers, K.**, Fachkunde für Elektriker. 22. Aufl. 49. 192 S. 234 Abb. J1 kart. 4,60
 — Rechenbuch für Elektriker. 17. Aufl. 49. 80 S. 25 Abb. J1 kart. 2,40
 — -Sergel, Schaltungen, Formeln, Tabellen und Vorschriften für Elektriker. 8. Aufl.
 49. 212 S. m. Abb. J1 kart. 4,80
- Semper, G.**, Merk- und Arbeitsblätter für Elektrotechnik. G20
 Teil 1: 64 S. kart. 2,60. Teil 2: 72 S. kart. 3,20
 Teil 3: 72 S. kart. 3,20
- Stormanns Elektrobuch**. 2. Aufl. 49. 252 S. 65 Abb. V44 kart. 36,—
- Strecker, F.**, Die elektrische Selbsterregung. 47. 142 S. 62 Abb. H18 kart. 7,80
- Strigel, R.**, Ausmessung von elektrischen Feldern. 49. 99 S. 84 Abb. B20 geb. 12,—
- Thomas, W.**, Grundlagen der Elektrotechnik. 49. 216 S. 110 Abb. H16 geb. 6,—
- Tolksdorf, H.**, Die Starkstromtechnik. 5. Aufl. 50. 914 S. 1634 Abb. P14 geb. 42,—
 — Elektrotechn. Tabellenb. Starkstromtechnik. 4. Aufl. 50. 203 S. P14 geb. 6,—
- Varduhn, A.**, Handbuch der Elektrotechnik. 49. Z1
 Bd. 1: Grundbegr. d. Elektrotechnik, Gleichstrom, Drehstrom, Elektrische Maschi-
 nen, Lichttechnik, Schaltungen. 344 S. m. Abb. geb. 7,60
 Bd. 2: Planung v. Licht- u. Kraftanl., Verleg. v. Leitungen. 264 S. m. Abb. geb. 6,40
 — Handb. f. d. Vorbereitung auf die Elektromeisterprüfung. Z1 in Vorbereitung
- VDE-Vorschriften**, Einzeldrucke lt. Prospekt. V50
 — Bd. 1: Allgemeines, Starkstromanlagen. 24. Aufl. 51. 544 S. m. v. Abb. V50
 geb. 15,—
- Walz, H.**, Strom und Spannung. 49. 155 S. m. Abb. S46 geb. 4,80
- Werners, P.**, Grundlagen der Wechselstrom-Energieübertragung und -Umwandlung. 51.
 200 S. 208 Abb. G3 in Vorbereitung
- Wietz-Erfurth**, Hilfsbuch für Elektropraktiker. 49. K9
 Bd. 1: Fernmeldetechnik. 344 S. m. Abb. geb. 9,80
 Bd. 2: Starkstromtechnik. 376 S. m. Abb. geb. 9,80

2. Elektrische Maschinen und Transformatoren.

- Albrecht, R.**, Elektrische Akkumulatoren und ihre Anwendung.
3. Aufl. 44. 182 S. 86 Abb. J2 kart. 5,40
- Bödefeld-Sequenz**, Elektrische Maschinen. 4. Aufl. 49. 489 S. 632 Abb. S40 geb. 24,—
- Dobbeler, C. v.**, Konstruktion elektr. Maschinen. 50. 178 S. 732 Abb. T3 geb. 12,—
- Ehrlg, H.**, Die Gleichstrommaschine. 48. 420 S. 304 Abb. I1 geb. 14,—
- Friedrich-Kröncke**, Der zerlegbare Transformator. 49. 210 S. 160 Abb. L4 kart. 7,60
- Grabner, A.**, Elektrodynamische Starkstrommaschine. 2. Aufl. 50. 591 S. 329 Abb. H18 geb. 17,25
- Haaren-Neumann**, Fachk. f. Elektromaschinenbauer. 50. 104 S. 122 Abb. J1 kart. 4,—
- Hager, E.**, Dynamo-Maschine. (Anleitung zum Selbstbau.)
14. Aufl. 48. 71 S. m. Abb. M1 kart. 3,50
- Klein-Transformatoren. Bau und Berechnung. 50. 112 S. 106 Abb. M1 geb. 5,80
- Humburg, K.**, Die Gleichstrommaschine. 49. G6
Bd. 1: 100 S. 59 Abb. Bd. 2: 98 S. 38 Abb. kart. je 2,40
- Die synchrone Maschine. 50. 109 S. 78 Abb. G6 kart. 2,40
- Jordan**, Der geräuscharme Elektromotor. Lärmbildung und Lärmbeseitigung bei Elektromotoren. 50. 100 S. 51 Abb. G3 geb. 11,60
- Jordan-Lax**, Unsymmetrische Schaltungen von Drehstrom-Asynchronmotoren. 50. G3 in Vorbereitung
- Kehse, W.**, Neuere Gleichstrommaschinen. 36. 63 S. 31 Abb. E6 kart. 5,—
- Die Hochspannungstechnik für Transformatoren, Isolatoren und Durchführungen.
37. 157 S. 146 Abb. E6 kart. 9,40
- Handbuch des Transformatorenbaus. 50. 380 S. 381 Abb. E6 geb. 57,50
- Kühn, R.**, Der Kleintransformator. 49. 123 S. 34 Abb. W23 geb. 9,80
- Kunze, H.**, Netz- und Kleintransformatoren. 48. 34 S. 13 Abb. D9 kart. 2,50
- Kussy, W.**, Elektrische Niederspannungsschaltgeräte. 50. 353 S. 342 Abb. C5 geb. 38,—
- Lehmann, W.**, Die Elektrotechnik und die elektromotorischen Antriebe.
4. Aufl. 48. 382 S. 828 Abb. S29 kart. 18,—
- Leonhard, A.**, Elektrotechnische Antriebe. 49. 176 S. 204 Abb. E6 geb. 18,80
- Die selbsttätige Regelung. 49. 284 S. 254 Abb. S29 geb. 27,—
- Mayser-Hager**, Elektromotoren für Stark- und Schwachstrom.
7. Aufl. 49. 53 S. 34 Abb. M1 kart. 2,50
- Niethammer, F.**, Elektromaschinenbau. 48. 203 S. 74 Abb. W16 kart. 8,—
- Nürnberg, W.**, Die Prüfung elektrischer Maschinen. 2. Aufl. 48. 355 S. 219 Abb. S29 kart. 24,—
- Punga, F.**, Elektromaschinenbau. 48. 233 S. m. v. Abb. D4 kart. 20,—
- Raskop, F.**, Ankerwickerei. C5
Bd. 1: Katechismus für die Ankerwickerei. 10. Aufl. 50. 416 S. 299 Abb. geb. 18,—
- Bd. 2: Rechnungsbuch des Elektromaschinenbauer-Handwerkers.
6. Aufl. 50. 172 S. 21 Abb. C5 geb. 9,80
- Das Elektromaschinenbauer-Handwerk. 3. Aufl. 49. 384 S. 254 Abb. C5 geb. 18,—
- Die Meisterprüfung im Elektromaschinenbauer-Handwerk.
4. Aufl. 49. 64 S. C5 kart. 2,50
- Richter, R.**, Elektrische Maschinen. S29
Bd. 1: Allg. Berechnungselemente. Die Gleichstrommaschine. 50. 630 S. 453 Abb. in Vorbereitung
- Bd. 5: Stromwendermaschinen für ein- und mehrphasigen Wechselstrom. Regelgeräte. 50. 642 S. 421 Abb. geb. 49,50
- Fehlende Bände in Vorbereitung.
- Kurzes Lehrbuch der elektr. Maschinen. 49. 398 S. 406 Abb. S29 geb. 25,50

Riepenberg, F., Prakt. Anleitung zur Instandsetzung von Elektromaschinen und Transformatoren. 5. Aufl. 47. 184 S. 203 Abb. B34 kart. 8,—
 Schäfer, W., Transformatoren. 2. Aufl. 49. 128 S. 74 Abb. G6 kart. 2,40
 Schilling, W., Stromrichtertechnik. 50. 144 S. 144 Abb. O1 14,80
 Schulz-Welckert, Die Krankheiten elektr. Maschinen. kart. 2,—
 10. Aufl. 44. 95 S. 67 Abb. J2
 Selz, W., Leitfaden für den Elektromaschinenbau. kart. 12,—
 2. Aufl. 49. 268 S. 143 Abb. S6
 Sequenz, H., Wicklungen elektrischer Maschinen. 4 Bände. S40
 Bd. 1: Wechselstrom-Ankerwicklungen. 50. 363 S. 408 Abb. geb. 40,—
 Titz, H., Fehler und Fehlerschutz in elektrischen Drehstromanlagen. 2 Bde. S40
 Bd. 1: Die Fehler und ihre Berechnung. 50. 240 S. 100 Abb. i. Vorber.
 Unger, F., Elektromaschinenpraktikum. 2. Aufl. 49. 99 S. m. Abb. W18 geb. 5,—
 Walter, M., Strom- u. Spannungswandler. 2. Aufl. 44/49. 159 S. 163 Abb. O1 geb. 9,—
 Wiehle, E., Der Elektro-Maschinenbauer. 6. Aufl. 49. 31 S. T2 kart. 1,70
 Wist, E., Elektrische Maschinen der Kraftbetriebe. 50. 184 S. 189 Abb. S40 geb. 21,50

3. Elektrische Licht- und Kraftanlagen. Schaltungen.

AEG-Hilfsbuch für elektrische Licht- und Kraftanlagen. 5. Aufl. 49. 656 S. m. Abb. G3 geb. 12,50
 Arnold, A. G., Künstliche Beleuchtung. 47. 80 S. 20 Abb. E6 kart. 6,40
 Baudisch, K., Energieübertragung mit Gleichstrom hoher Spannung. geb. 27,—
 50. 316 S. 199 Abb. S29
 Biermanns, J., Hochspannung und Hochleistung. 49. 655 S. 595 Abb. H3 geb. 52,—
 Blaschke, H., Schaltung und Bemessung von Sammelschienen elektrischer Anlagen. 10,—
 49. 97 S. 74 Abb. A5
 Blöthner, M., Die Technik d. Fehlersuche in elektr. Anlagen. geb. 7,10
 51. 167 S. 74 Abb. M6
 Burstyn, W., Elektrische Kontakte und Schaltvorgänge. 7,50
 3. Aufl. 50. 105 S. 82 Abb. S29
 Edler, R., Schaltungen aus dem Gebiete der Installationstechnik. 3,50
 3. Aufl. 49. 73 S. 103 Abb. D20
 Fleck, B., Hoch- und Niederspannungs-Schaltanlagen. 50. 272 S. 221 Abb. G3 geb. 19,20
 Friedrich-Jeß-Köhne. Elektrotechn. Schaltungsbuch. 120. Aufl. 49. 138 S. D19 kart. 1,50
 Kasperowski, W., Mehr Licht durch Leuchtstofflampen. Die Fluoreszenzbeleuchtung. geb. 9,50
 51. 196 S. 63 Abb. (Wien)
 Kehse, W., Die Hochspannungstechnik der Transformatoren, Isolatoren und Durchführungen. 37. 157 S. 146 Abb. E6 kart. 9,40
 Kesselring, F., Theoretische Grundlagen zur Berechnung der Schaltgeräte. kart. 2,40
 3. Aufl. 50. 143 S. 92 Abb. G6
 Koch, W., Erdungen in Wechselstromanlagen über ein kV. 10,80
 48. 92 S. 51 Abb. S29
 Kosack, E., Schaltungsbuch für Gleich- und Wechselstromanlagen. kart. 10,50
 6. Aufl. 48. 228 S. 306 Abb. S29
 — Elektrische Starkstromanlagen. 11. Aufl. 50. 356 S. 320 Abb. S29 geb. 15,—
 Koske, B., Prüfung der Isolation von Hochspannungsfreileitungen und Schaltanlagen im Betrieb. 4. Aufl. 50. 96 S. G3 geb. 7,50
 Kussy, W., Elektr. Niederspannungsschaltgeräte. 50. 353 S. 342 Abb. C5 geb. 38,—
 Lehmann, W., Der Elektroinstallateur. 5. Aufl. 50. 288 S. 438 Abb. P14 geb. 7,50
 Meinke, H. H., Die komplexe Berechnung v. Wechselstromschaltungen. 48. G6 kart. 2,40
 Philippi, W., Leitungen, Schaltgeräte und Beleuchtung in Bergwerken unter Tage. kart. 2,60
 4. Aufl. 44. 112 S. 76 Abb. J2

Pottiez-Hartlieb, Neue Grundsätze für die Errichtung elektrischer Verteilungsnetze.
48. 57 S. 21 Abb. S40 5,—
Rebber-Ebel, Bauzeiten für Regelleistungen des Elektro-Installations-Handwerks.
2. Aufl. 50. 21 Bl. F14 3,50
Rusteberg-Küchmann, Elektrotechnische Schaltungen. 4. Aufl. 49. 112 S. H36 kart. 2,40
Schrader-Lerch, Starkstromschaltungen. 2. Aufl. 49. 176 S. S11 kart. 2,50
Seffers-Sergel, Schaltungen, Formeln, Tabellen und Vorschriften für Elektriker.
8. Aufl. 49. 212 S. m. Abb. J1 kart. 4,80
Summerer, E., Die künstliche Beleuchtung von Innenräumen. 48. 24 S. 26 Abb. S3
kart. 1,40
Weickert, F., Hochspannungsanlagen. 7. Aufl. 51. J2 kart. ca. 16,—
— Berechnung elektrischer Leitungsquerschnitte. 19. Aufl. 49. 60 S. J2 kart. 1,10

4. Elektrische Meßkunde. Leitungen und Apparate.

Bauer-Vogler-Wagner, ABC der Röntgentechnik. 3. Aufl. 48. 707 S. 186 Abb. T4
geb. 34,—
Beetz, W., Elektrizitätszähler. 49. 74 S. 37 Abb. V28 kart. 7,80
Bein, F., Meßinstrumente für Gleich- und Wechselstrom. 2. Aufl. 48. 35 S. 58 Abb. D9
kart. 1,20
Bertele, H., Quecksilberdampf-Richtergefäße. 50. ca. 140 S. 100 Abb. S40 i. Vorber.
Besser, F., DZ-Kurve. Durchhänge- und Zugspannungen von Freileitungen.
2. Aufl. 50. 111 S. m. Abb. F9 12,—
Biermanns, J., Energieübertragung auf große Entfernungen. (Hochspannungstechnik.)
49. 284 S. 150 Abb. B20 geb. 24,—
— Hochspannung und Hochleistung. 49. 655 S. 595 Abb. H3 geb. 52,—
Blamberg, E., Elektrische Meßgeräte. 48. 146 S. 160 Abb. W18 geb. 6,30
Bubert, J., Elektrische Meßgeräte. 49. 226 S. 262 Abb. W23 kart. 11,60
Bütow, W., Die Berechnung elektrischer Leitungen und Netze. D14 i. Vorber.
Bd. 1: Gleichstrom. ca. 150 S. 113 Abb. ca. 10,—
Bd. 2: Die Blindwiderstände des Leiters. ca. 200 S. 179 Abb. ca. 15,—
Carlé, G., Anleitung zur Berechnung von elektrischen Leitungen und Leitungsnetzen für
die Praxis. 47. 128 S. 59 Abb. E6 kart. 10,80
Drotschmann, C., Bleiakumulatoren. 51. 224 S. 96 Abb. V4 geb. 19,50
Freytag, H., Raumexplosionen durch elektr. Anlagen. 49. 204 S. 7 Abb. V4 geb. 7,—
Fritsch, V., Grundzüge der angewandten Geoelektrik. 49. 420 S. 500 Abb. M31
geb. 47,50
Girkmann-Königshofer, Hochspannungsfreileitungen. 2. Aufl. S40 in Vorbereitung
Grave, H. F., Gleichrichtermeßtechnik. Gleichrichter und Umformer und ihre Anwen-
dungen. 50. 227 S. 114 Abb. A5 geb. 27,—
Kleinath-Merz, Die Technik elektrischer Meßgeräte. 01 in Vorbereitung
Kesselring, F., Theoretische Grundlagen zur Berechnung der Schaltgeräte. 3. Aufl. 50.
143 S. 92 Abb. G6 kart. 2,40
Klein, W., Trägerfrequenztechnik. 49. 214 S. 110 Abb. A5 kart. 15,—
Koppelman, F., Die Meßtechnik des mechanischen Präzisionsgleichrichters (Vektor-
messer). 50. 242 S. G3 geb. 18,40
Koske, B., Prüfung der Isolation von Hochspannungsfreileitungen und Schaltanlagen im
Betrieb. 4. Aufl. 50. 96 S. G3 geb. 7,50
Kunze, H., Elektrische Meßinstrumente. 49. 101 S. 67 Abb. D9 geb. 5,95
— Umbau und Eichung elektrischer Meßgeräte. 2. Aufl. 48. 31 S. 25 Abb. D9
kart. 2,—
Kussy, W., Elektrische Niederspannungsschaltgeräte. 50. 353 S. 342 Abb. C5
geb. 38,—

Laporte, H. , Die Messung von elektrischen Schwingungen aller Art nach Frequenz und Amplitude. 111 S. 122 Abb. K11	4,20
— Die Messung von elektrischen Spannungen und Strömen aller Art. 50. 149 S. 199 Abb. K11	5,20
— Die Messung und Berechnung von Widerständen, Induktivitäten und Kapazitäten aller Art. 50. 92 S. K11	ca. 8,—
— Hochfrequenztechnische Feldstärkemessung und Feldstärkeregistrierung. 50. 76 S. K11	3,40
— Hochvakuum. Seine Erzeugung, Messung und Anwendung. 140 S. 117 Abb. K11	in Vorbereitung
Leonhard, A. , Die selbsttätige Regelung. 49. 284 S. 254 Abb. S29	geb. 27,—
Megede, Zur, W. , Fortleitung elektrischer Energie längs Leitungen in Starkstrom- und Fernmeldetechnik. 50. 171 S. 87 Abb. S29	13,50
Meinke, H., H. , Felder und Wellen im Hohlleiter. 50. 160 S. 131 Abb. 01	15,—
Meyer-Weise , Halbleiter-Werkstoffe und -Widerstände. B4	
Tl. 1: Technische Halbleiter-Widerstände. 49. 98 S. 80 Abb.	kart. 9,40
Moeller, F. , Abriß d. allg. elektr. Meßtechnik. 47. 64 S. 45 Abb. W18	geb. 3,80
— Elektrotechnisches Praktikum. 49. 319 S. 195 Abb. S29	geb. 20,—
— Strom-, Spannungs- und Phasenregelung f. Meßzwecke. 50. 164 S. 124 Abb. B20	geb. 16,—
Nentwig, K. , Maßeinheiten und Konstanten. 6. Aufl. 48. 33 S. S12	kart. 1,20
Orth, H. , Technik elektrischer Messungen. 2 Teile. G3	kart. i. Vorbr.
Palm, A. , Elektr. Meßgeräte u. Meßeinrichtungen. 3. Aufl. 48. 295 S. 232 Abb. S29	21,—
— Registrierinstrumente. 50. 228 S. 203 Abb. S29	geb. 19,50
Paul, G. , Der Elektrizitätszähler. 2. Aufl. 50. 314 S. 261 Abb. F9	geb. 25,—
Peintinger, R. , Elektrische Meßkunde. 186 S. 231 Abb. B32	geb. 9,80
Pfannenmüller, H. W. , Das Messen und Gleichrichten. 01	i. Vorbr.
Pflier, P. M. , Elektrische Messung mechanischer Größen. 3. Aufl. 48. 262 S. 308 Abb. S29	30,—
Roth, A. , Hochspannungstechnik. 3. Aufl. 50. 704 S. 734 Abb. S40	geb. 67,—
Schilling, W. , Stromrichtertechnik. 50. 144 S. 144 Abb. 01	14,80
Schwaiger, A. , Elektrische Leitungen. 2. Aufl. 48. 224 S. 134 Abb. 01	kart. 10,—
Schwerdtfeger, W. , Elektrische Meßtechnik. W23	
Teil 1: Gleichstrommeßtechnik. 5. Aufl. 49. 207 S. 126 Abb.	kart. 6,80
Teil 2: Wechselstrommeßtechnik. 3. Aufl. 48. 273 S. 153 Abb.	kart. 9,60
Stauffer-Splett , Durchhang und Zugspannungen von Starkstromfreileitungen. 49. 32 Taf. usw. P2	kart. 14,—
Steiner-Graßmann , Supraleitung. 37. 148 S. 44 Abb. V28	kart. 9,60
Strigel, R. , Ausmessung von elektrischen Feldern. 50. 100 S. 84 Abb. B20	geb. 12,—
Walcher, Th. , Das Trockengleichrichter-Vielfachmeßgerät. 50. 144 S. 97 Abb. S40	geb. 16,—
Walter, F. , Die Grundlagen der elektr. Ofenheizung. 50. 337 S. 103 Abb. A5	geb. 20,—
Walter, M. , Kurzschlußströme in Drehstromnetzen. 3. Aufl. 44/49. 167 S. 124 Abb. 01	geb. 9,—
— Strom- und Spannungswandler. 2. Aufl. 44/49. 159 S. 163 Abb. 01	geb. 9,—
— Relaisbuch. 4. Aufl. 51. 308 S. 190 Abb. F9	geb. 20,—
Wollmann, R. , Elektr. Uhren. Grundformen, Anleitung zum Selbstbau. 2. Aufl. 47. 32 S. m. Abb. M1	kart. 2,—
Wundram, O. , Elektrowärme in der Eisen- und Metallindustrie. 2. Aufl. 64 S. 91 Abb. S29	i. Vorbr. 3,60

5. Elektrizitätswerke. Elektrische Bahnen.

- Baudisch, K.**, Energieübertragung mit Gleichstrom hoher Spannung. 50.
316 S. 199 Abb. S29 geb. 27,—
- Delsler, W.**, Elektrische Bahnen. Einführung in Technik und Betrieb. 47.
96 S. 70 Abb. M1 kart. 4,50
- Elektrizität im neuzeitlichen Wohnungsbau.** 50. 32 S. m. Abb. V63 1,90
- Grzywiński, A.**, Flußkraftwerke und Stromwerke. 48. 24 S. S40 5,—
- Hager, E.**, Elektrische Lokomotiven. (4 Modelle). 3. Aufl. 48.
70 S. m. v. Abb. M1 kart. 3,50
- Henning, W.**, Die Fernbedienungs-Technik im Dienste der Elektrizitätsversorgung. 50.
216 S. 128 Abb. O1 17,50
- Lehner, F.**, Der Straßenbahn-Fahrmeister. 48. 188 S. 55 Abb. M10 10,—
- Müller, P.**, Die elektrischen Vollbahnen und das 50-Per-System. 48.
64 S. 42 Abb. S25 kart. 5,50
- Nibler**, Dynamisches Verhalten von Fahrleitungen und Stromabnehmern bei
elektrischen Hauptbahnen. S25 i. Vorbr. ca. 6,—
- Ölbuch.** Betriebsanweisung für Prüfung, Überwachung und Pflege der im elektrischen
Betrieb verwendeten Öle. 3. Aufl. 50. 212 S. 19 Abb. V63 geb. 15,—
- Seeger-Büscher**, Straßenbahnerfibel. 49. 146 S. 170 Abb. F9 geb. 9,—
- Venzke, W. P.**, Fernbedienungsanlagen im Energieversorgungsbetrieb. 49.
294 S. G3 geb. 17,10
- Werners, P.**, Grundlagen der Wechselstrom-Energieübertragung und -umwandlung. 50/51.
200 S. 208 Abb. G3 i. Vorbr.
- Wollmann, R.**, Die elektr. Modelleisenbahn. 2. Aufl. 50. 255 S. m. Abb. M1 geb. 10,80

6. Fernmeldetechnik.

- Bergmann, K.**, Lehrbuch der Fernmeldetechnik. 49. V28. Band 1: 19. Tsd. 527 S.
594 Abb. geb. 28,—; Band 2: in Vorbereitung.
- Boysen-Marschall**, Fernmelderelais. 2. Aufl. W29 i. Vorbr.
- Brandt, A. F.**, Fernmeldekabel. W29 i. Vorbr.
- Busch-Gassmann**, Elektrische Fernmeldeeinrichtungen im Grubenbetrieb. 2. Aufl. 49.
143 S. 73 Abb. V12 geb. 18,—
- Buttler, K.**, Aufgaben aus der Fernmeldetechnik nebst Lösungen. 3. Aufl. 51.
288 S. 100 Abb. W29 geb. 12,50
- Die Ausbreitung sinusförmiger Wechselströme auf Leitungen. 29.
127 S. 13 Abb. W29 kart. 2,95
- Drotschmann, C.**, Die Fabrikation von Trockenbatterien. 3. Aufl. 45.
449 S. 132 Abb. A5 geb. 26,40
- Emde, E.**, Quirlende elektrische Felder. 49. 118 S. 41 Abb. V28 8,80
- Feldtkeller, R.**, Einführung in die Siebschaltungstheorie der elektrischen Nachrichten-
technik. 3. Aufl. 50. 174 S. 121 Abb. H18 kart. 12,—
- Einführung in die Vierpoltheorie der elektrischen Nachrichtentechnik.
5. Aufl. 48. 182 S. 120 Abb. H18 kart. 10,—
- Spulen und Übertrager mit Eisenblechkernen. 49. H18
- Teil 1: Spulen. 170 S. 120 Abb. kart. 10,50
- Teil 2: Übertrager. 104 S. 80 Abb. kart. 8,—
- Teil 3: Berechnungsunterlagen. 2. Aufl. 49. 65 S. 70 Abb. kart. 4,50
- Feige-Rinck**, Wechselstromlehre unter besonderer Berücksichtigung der Fernmelde-
technik. 50. W29 i. Vorbr
- Flad-Kirch**, Eisenbahnfernsprechtechnik. Selbstanschlußanlagen. 48.
203 S. 48 Abb. S6 kart. 9,—
- Fritsch, V.**, Grundzüge d. angewandten Geoelektrik. 49. 420 S. 500 Abb. M31 geb. 47,50

- Führer, R.**, Grundlagen der Fernsprechsaltungstechnik. 3. Aufl. 50.
176 S. 96 Abb. W29 i. Vorbr.
- Goetsch, H.**, Taschenbuch für Fernmeldetechniker. 01
Teil 1: Theoretische Grundlagen, Stromquellen, Einzelgeräte, Schaltungen,
Montage. 11. Aufl. 49. 249 S. 392 Abb. geb. 10,—
Teil 2: Signalanlage, Meßwert-Fernübertragung, Gefahrmeldeanlage u. a.
11. Aufl. 50. 254 S. 341 Abb. geb. 10,—
Teil 3: Telegraph, Fernschreibtechnik, Fernsprechtechnik, Trägerfrequenz-
einrichtung, Fernsprechruf- und -meßeinrichtungen. i. Vorbr.
- Gogoll, F.**, Handbuch für Entstörer im Fernsprechdienst. 50. 136 S. 77 Abb. F20 6,50
- Graf, W.**, Grundlagen der Elektrotechnik. (Schwachstrom). 4. Aufl. 49.
224 S. 211 Abb. W29 geb. 9,80
- Grimm, F.**, Wähltechnische Einzelfragen. 43. 175 S. 185 Abb. W29 kart. 4,—
- Haak, E.**, Einführung in die Leitungstechnik. 50. 112 S. m. Abb. H44 4,—
- Hahn, F.**, Schaltungsbuch der Fernmeldetechnik. 2. Aufl. 48. H29
Band 1: Signal-, Alarm- u. Fernüberwachungsanlagen. 272 S. 169 Abb. kart. 5,—
Band 2: Fernsprech-, Telegraphen- und Stromversorgungsanlagen.
248 S. 156 Abb. kart. 5,—
- Hantsche, K.**, Fernsprechnebenstellenwesen. 51. 195 S. 59 Abb. 01 kart. 7,80
- Hebel, M.**, Planungsvorschläge zum Wiederaufbau des deutschen Fernsprechnetzes
mit Fernwählbetrieb. 48. 47 S. 30 Abb. 01 kart. 8,—
— Wählervermittlungstechnik. 01 i. Vorbr.
- Henkler, O.**, Anwendung der Modulation beim Trägerfrequenzfernsprechen auf
Leitungen. 48. 80 S. 50 Abb. H18 kart. 5,—
- Hennig, K.**, Fernmeldeübertragungssysteme in Einzeldarstellungen. 49.
78 S. 56 Abb. M6 kart. 4,20
— Fragen und Antworten aus der Fernmeldetechnik. 49. 59 S. F2 kart. 2,50
- Herrmann, I.**, Elektrische Fernmeldetechnik. 3. Aufl. 49. 87 S. 132 Abb. F9 kart. 5,—
- Hettwig, E.**, Fernsprech-Wählanlagen. 3. Aufl. 50. 528 S. 262 Abb. 01 geb. 38,—
- Jendrysik, B.**, Einführung in die Praxis der Fernschreibtechnik. 44.
56 S. 41 Abb. W29 kart. 1,50
- Kaden, H.**, Die elektromagnetische Schirmung in der Fernmelde- und Hochfrequenz-
technik. 50. 274 S. 145 Abb. S29 38,—
- Kau, F.**, Der Fernmeldelehrling. 49. 54 S. 70 Abb. F9 kart. 3,20
- Klein, W.**, Trägerfrequenztechnik. 49. 222 S. 110 Abb. A5 kart. 15,—
- Kleemann, I.**, Grundlagen der Fernmeldetechnik. 3. Aufl. 50.
292 S. 168 Abb. 01 geb. 16,—
— Fernmeldepraxis. 50. ca. 150 S. 180 Abb. Z1 kart. ca. 5,—
- Kleemann, R.**, Vom Rechnen um den Fernsprechwähler. 44. 31 S. W29 kart. 1,—
- Klüpfmüller, K.**, Die Systemtheorie der elektrischen Nachrichten-Übertragung. 49.
394 S. 474 Abb. H18 geb. 32,—
- Langer, M.**, Studien über Aufgaben der Fernsprechtechnik. 01 i. Vorbr.
Teil 1: Ortsverkehr.
Teil 2: Fernverkehr.
Teil 3: Wählerzahlberechnung.
Teil 4: Netzgestaltung.
— Ein einheitliches Motorwähler-Fernsprechsystem für Orts- und Fernverkehr. 48.
128 S. 48 Abb. S29 kart. 19,50
— Die Geräusche in den Verbindungen der Fernsprechämter und ihre Beseitigung. 48.
56 S. 30 Abb. M6 kart. 2,60
— Geschützter Aufbau von Fernsprechanlagen. 49. 120 S. W29 kart. 7,90
— Der Wählerschnellbetrieb. 50. 80 S. m. Abb. V19 kart. 6,—

Lechner-Pieruschka , Fernmeldetechnik im Bergbau unter Tage. 168 S. 210 Abb. K11	geb. 41,50
Megede, Zur, W. , Fortleitung elektrischer Energie längs Leitungen in Starkstrom- und Fernmeldetechnik. 50. 171 S. 87 Abb. S29	13,50
Niendorf-Bergmann , Theoretische Grundlagen der Telegraphen- und Fernsprechtechnik. 2. Aufl. 49. 264 S. 203 Abb. A5	geb. 15,—
Nottebrock, H. , Bauelemente der Nachrichtentechnik. S6 Teil 1: Kondensatoren. 172 S. 116 Abb. 49.	kart. 6,40
Teil 2: Widerstände. 49. 216 S. 125 Abb.	kart. 7,50
Teil 3: Spulen. 50. 272 S. 160 Abb.	kart. 12,50
Petzold, E. , Fernsprechquerverbindungstechnik. 2. Aufl. 41. 80 S. 51 Abb. W29	kart. 2,—
Petzold-Pfahler , Fernsprechapparate und ihre Schaltungen. W29 Teil 1: Die einfachen Teilnehmerapparate. 4. Aufl. 49. 56 S. 39 Abb.	kart. 2,70
Teil 2: Handbediente Nebenstellenanlagen, Stromversorgung. 50. 168 S. 103 Abb.	i. Vorbr.
Teil 3: Wählernebenstellenanlagen. 43. 72 S. 23 Abb.	kart. 2,40
Plass, E. , Taschenbuch für Fernmeldemonteure. W29	i. Vorbr.
Rjosk, H. , Fernämter. 01	i. Vorbr.
Safarik-Vojta , Fernmelde- und Rundfunktechnik. 49. 200 S. 254 Abb. B32	6,90
Schiwek, F. , Fernschreibtechnik. 49. 541 S. 318 Abb. W23	kart. 36,—
Sorgentfrei, G. A. , Fachkunde für Fernmeldeelektriker. 2. Aufl. 49. 156 S. 179 Abb. J1	4,60
Straimer, G. , Der Kondensator in der Fernmeldetechnik. H17	Neuauf. i. Vorbr.
Strecker, F. , Die elektrische Selbsterregung. 47. 142 S. 62 Abb. H18	7,80
— Praktische Stabilitätsprüfung mittels Ortskurven und numerischer Verfahren. 50. 189 S. 101 Abb. S29	geb. 18,—
Strutt, M. J. O. , Verstärker und Empfänger. 2. Aufl. 50. 422 S. 425 Abb. S29	geb. 46,50
Stutius , Das Fernsprechwählersystem der deutschen Post. 2. Aufl. 49. 62 S. 23 Abb. S25	kart. 6,—
— Grundlagen der Fernsprechwähltechnik. S25	i. Vorbr.
Wahl, R. , Einführung in die Verstärkerpraxis. 2. Aufl. 43. 56 S. W29	kart. 1,50
— Stromversorgungsanlagen der deutschen Post. 43. 16 S. W29	0,60
Wallot, J. , Einführung in die Theorie der Schwachstromtechnik. 5. Aufl. 48. 458 S. 417 Abb. S29	geb. 35,—
Werbeck, O. , Schaltbehelfe für Fernsprechstelleneinrichter. 50. 64 S. 54 Abb. W29	1,20
Westphal, C. , Entstörer-Hilfe. W29 Teil 1: Vom Wesen der Fernsprech-Innenstörung.	1,20
Teil 2: Vom Suchen der Fernsprech-Innenstörung.	1,20
Teil 3: Allgemeine und OB-Innenstörungen.	1,20
Teil 4: Fernsprech-Innenstörungen ZB/W	0,80
Teil 5: Telegraph und Fernschreiber.	0,80
Wiehle-Seidler , Fernmelde- und Funktechnik. Vorbereitung zur Gesellen- und Meisterprüfung. 152 S. 110 Abb. B32	2,80
Wietz-Erfurth , Hilfsbuch für Elektrophaktiker. 49. K9 Band 1: Fernmeldetechnik. 344 S. m. Abb.	geb. 9,80
Band 2: Starkstromtechnik. 376 S. m. Abb.	geb. 9,80
Winkelmann, K. , Theoretische Berechnung der Wähler- und Leitungszähler in Fernsprechanlagen. 36. 80 S. 12 Abb. W29	kart. 4,—

7. Hochfrequenztechnik. Rundfunktechnik.

- Alt, F.**, Tragbare Universalempfänger für Batterie- und Netzbetrieb. 48.
83 S. 139 Abb. F17 kart. 3,—
- Barkhausen, H.**, Lehrbuch der Elektronenröhren und ihrer technischen Anwendungen. H18
Band 1: Allg. Grundlagen. 5. Aufl. 50. 235 S. 177 Abb. geb. 7,50
Band 2: In Vorbereitung.
Band 3: Rückkopplung. 5. Aufl. 49. 176 S. 85 Abb. H18 geb. 6,80
Band 4: in Vorbereitung.
- Bartels, H.**, Grundlagen der Verstärkertechnik. 3. Aufl. 49.
280 S. 170 Abb. H18 kart. 14,50
- Beckmann, B.**, Die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen. 2. Aufl. 48.
392 S. 306 Abb. A5 kart. 24,—
- Behn, F. W.**, Der Kurzwellensender. 2. Aufl. 272 S. 191 Abb. W5 geb. 10,80
- Beier, W.**, Röhren-Taschenbuch. 49. 167 S. D9 geb. 6,90
- Benz, F.**, Einführung in die Funktechnik. 4. Aufl. 50. 736 S. 705 Abb. S40 geb. 45,60
— Grundlagen der Rundfunkentstörung. 49. 87 S. 35 Abb. B32 3,20
— Meßtechnik für Funkingenieure. 50. ca. 320 S. 280 Abb. S40 i. Vorbr.
- Bergtold, F.**, Die große Rundfunkfibel. 8. Aufl. 50. 320 S. 283 Abb. S12 geb. 10,—
- Böger, L.**, Stromversorgungsteil von Rundfunkempfängern und Verstärkern. 48.
99 S. 76 Abb. F6 kart. 7,50
- Brans, Ph.**, Röhren-Vademekum 1947. 47. 228 S. R3 kart. 8,—
- Braun**, Lehrbuch der UKW-Technik. 50. B16 i. Vorbr.
- Brauns, H.**, Tonbandtechnik. 51. W4 i. Vorbr.
- Bredow, H.**, Aus meinem Archiv. Probleme des Rundfunks. 50.
384 S. V68 geb. 12,50
- Bürkle, H.**, Handbuch für den Kurzwellen-Amateur. Bau und Betrieb einer Amateur-Sendestation. 50. 184 S. 185 Abb. W5 geb. 11,50
- Büscher, G.**, Die kleine Radio-Fibel. 3. Aufl. 75 S. 220 Abb. S12 kart. 2,85
- Cassani, J.**, Hochwertiger RC-Generator für den Funkpraktiker in Wechselstrom-Ausführung. 48. 28 S. 13 Abb. F17 kart. 2,50
- Czerlinsky, E.**, Das magnetische Feld u. d. Wechselstrom. 48. 51 S. 45 Abb. A18 kt. 5,—
— Schramm, Empfänger und ihre Bauelemente. 48. A18
Teil 1: Wellenlehre und Detektorempfänger. 51 S. 46 Abb. kart. 5,—
Teil 2: Der Geradeausempfänger. 58 S. 67 Abb. kart. 5,—
- Daudt, W.**, Einführung i. d. Hochfrequenztechn. 51. 235 S. 136 Abb. P20 geb. 14,—
- Olefenbach, W.**, Handbuch der Rundfunkreparaturtechnik. 2. Aufl. 49.
507 S. 618 Abb. F9 geb. 48,—
— Universal-Schaltungsbuch. 206 S. 113 Abb. S12 kart. 7,—
— Standardschaltungen der Rundfunktechnik. 3. Aufl. 47.
196 S. 103 Abb. F17 kart. 8,—
— Einführung in die neuzeitliche Schaltungstechnik und Ratschläge für zweckmäßigen Empfängerbau. 51. 48 S. 61 Abb. S12 kart. ca. 2,—
— Meß- und Prüfgeräte für Rundfunkwerkstätten. 3. Aufl. 48.
165 S. 93 Abb. S12 geb. 8,30
— Funkschau-Schaltungskartei. 4 Reihen mit je 5 Karten. F17 je 0,90
— Ultrakurzwellen. Einführung und Praktikum. ca. 100 S. 100 Abb. S12 ca. 3,50
- Dittenburger, W.**, Einführung in die neue deutsche Fernsehtechnik. 50.
210 S. 145 Abb. S6 geb. 12,50
- Elektronenemission-, -bewegung und Hochfrequenztechnik.** (FIAT-Berichte Bd. 15/16)
Hrsg. Goubeau-Zenneck. D14 kart. je 10,—

- Empfänger-Vademecum A—Z. R3**
Baujahr 47. 48. 80 S. geb. 28,—
Baujahr 48. 49. 144 S. geb. 21,—
Baujahr 49. 200 S. i. Vorbr. geb. 21,—
- Empfänger-Vademecum. Radio-Schaltbilder aller Industrieempfänger für Neubau und Reparatur der Baujahre 1933 bis 1944. 28 Teile lt. Sonderverzeichnis. 2490 S.**
R3. Bezug einzeln und geschlossen. Gesamtpreis 140,—
- Feldtkeller, R., Einführung in die Theorie der Rundfunksiebschaltungen. 3. Aufl. 45. 168 S. 76 Abb. H18** kart. 12,—
— Einführung in die Siebschaltungstheorie der elektrischen Nachrichtentechnik. 3. Aufl. 50. 168 S. 121 Abb. H18 kart. 12,—
— Einführung in die Vierpoltheorie der elektrischen Nachrichtentechnik. 5. Aufl. 48. 182 S. 120 Abb. H18 kart. 10,—
— Einführung in die Theorie der Spulen und Übertrager mit Eisenblechkernen. H18
Band 1: Spulen. 2. Aufl. 49. 170 S. 120 Abb. kart. 10,50
Band 2: Übertrager. 2. Aufl. 49. 196 S. 80 Abb. kart. 8,—
Band 3: Berechnungsunterlagen. 2. Aufl. 49. 65 S. 70 Abb. kart. 4,50
- Fischer, F. A., Grundzüge d. Elektroakustik. 50. 161 S. 103 Abb. S6** geb. 14,—
- Fritz, F., Taschenbuch 1951. 3. Aufl. 180 S. R16** geb. ca. 2,50
— Röhren-Codex, Taschenbuch 1950. 2. Aufl. 136 S. R16 geb. 3,—
— Röhren-Codex, Kennlinienband 51. R16 i. Vorbr. ca. 8,50
- Fuchs, F., Grundriß der Funktechnik. 25. Aufl. 50. 226 S. 351 Abb. O1** 10,—
- Funkschaubauhefte. Bauanleitungen eines vollständigen Meßplatzes für Laboratorium und Werkstatt aus Einzelgeräten. Bisher erschienen 7 Hefte lt. Sonderverzeichnis. F17.**
- Funkschautabellen. F17**
Diefenbach, Wertbereichstab. 8 S. kart. 2,—
Sutaner, Spulentabelle. 16 S. kart. 2,—
Sutaner, Anpassungstabelle. 8 S. kart. 1,—
Klein, Netztransformatorentabelle. kart. 2,—
Fahlenberg, Übertrager- und Drosseltabelle. kart. 2,—
Monn, Trockengleichrichtertabelle. kart. 1,—
Monn, Europa-Stationstabelle. kart. 1,—
Monn, Kurzwellen-Stationstabelle. kart. 1,—
Kunze, Röhrentabelle 1948. kart. 1,—
- Gerber-Hoffmann, Taschenmerkbuch für Elektro- und Rundfunktechniker. 49. 184 S. 83 Abb. V11** geb. 6,50
- Groos, O., Einführung in die Theorie der Dezimeterwellen. H17**
Teil 1: Die Schwingungserzeuger und ihre Beeinflussung. 188 S. 157 Abb.
Neuaufgabe in Vorbr.
- Gruhle, W., Geradeausempfänger von A—Z für den Kurzwellen-Amateurbetrieb. 48. 245 S. m. Abb. K13** kart. 5,60
- Günther-Richter, Schule des Funktechnikern. 7. Aufl. 23./27. Tsd. F9**
Band 1: Die Funktechnik als Beruf. (Mathematische, elektrotechn. und handwerkliche Grundlagen) 398 S. 477 Abb. geb. 36,—
Band 2: Sender und Empfänger. 464 S. 686 Abb. geb. 36,—
Band 3: Elektrotechnik, Meßtechnik, Gerätetechnik. 370 S. geb. 36,—
Band 4: Sondergebiete (Fernsehen, Radartechnik, Elektromedizin u. a.)
erscheint Anfang 51.
— Lexikon der Funktechnik. 2. Aufl. F9 i. Vorbr.
- Gundlach, F. W., Grundlagen der Höchstfrequenztechnik. 50. 507 S. 189 Abb. S29** kart. 48,—

- Hannausch, E., Wie richte ich meine Radlowerwerkstatt ein? 50.
52 S. 17 Abb. F17 kart. 3,50
- Hecht, H., Die elektroakustischen Wandler. 2. Aufl. 51.
ca. 380 S. 40 Abb. B4 i. Vorbr. geb. ca. 24,—
- Haine-Wollenschläger, Der Einkreiser. 48. 48 S. 31 Abb. D9 kart. 2,80
- Herzog, W., Siebschaltungen mit Schwingkristallen. 49.
361 S. 330 Abb. D14 geb. 45,—
- Heyda, H., Elektroakustisches Taschenbuch. 4. Aufl. 49.
262 S. 91 Abb. S12 kart. 8,50
- Hinke-Hönger, Röhrentaschenbücher. S12
- Band 1: Röhrentaschenbuch der europäischen Rundfunkröhren. 2. Aufl. 48.
243 S. m. Nachtrag 1950/51. kart. 3,50
- Band 2: Spezialröhren. 48. 48 S. kart. 1,—
- Band 3: Amerikanische, englische und russische Röhren. 48. 226 S. kart. 3,—
- Band 4: Hilfsröhren. 2. Aufl. 48. 63 S. kart. 2,—
- Hönger, H., Röhrenaustausch. 48. 48 S. 150 Abb. S12 kart. 2,—
- Kaden, H., Die elektromagnetische Schirmung in der Fernmelde- und Hochfrequenz-
technik. 50. 274 S. 145 Abb. S29 38,—
- Kalveram, F., Der Trockengleichrichter. 3. Aufl. 50. 24 S. 30 Abb. D9 kart. 1,—
- Wir bauen unsere Spulen selbst. 2. Aufl. 48. 14 S. 12 Abb. D9 kart. 1,—
- Kammerloher, J., Hochfrequenztechnik. W23
- Band 1: Elektromagnetische Schwingungskreise. 6. Aufl. 49.
210 S. 146 Abb. kart. 9,80
- Band 2: Elektronenröhren und Verstärker. 4. Aufl. 48.
341 S. 291 Abb. kart. 14,60
- Band 3: Gleichrichter. 3. Aufl. 49. 420 S. 285 Abb. kart. 16,80
- Elektrotechnik des Rundfunktechnikers. D9
- Teil 1: Gleichstrom. 2. Aufl. 50. 196 S. 148 Abb. geb. 8,50
- Kappelmeyer, O., Reparatur-Praktikum des Superhets. 3. Aufl. 49.
301 S. 225 Abb. S12 geb. 11,30
- Geradeausempfänger-Reparatur-Praktikum. 48. 97 S. S12 kart. 3,50
- Nachstimmen von Empfängern. 2. Aufl. 52 S. 15 Abb. S12 kart. 2,20
- Klehne, F., Das Rundfunk-Bandfilter. 48. 22 S. 17 Abb. A18 kart. 3,25
- Kliver, M. S., Fernsehen leicht gemacht. 50. 499 S. B 32 geb. 19,50
- Klein, P., Elektronenstrahl-Oszillographen. W5
- Band 1: 48. 209 S. 325 Abb. geb. 19,—
- Band 2: Die Anwendung in Technik u. Medizin. 50. ca. 450 S. 580 Abb. i. Vorbr.
- Zeit- und Kurzzeitmessung mit Oszillographen. 50. ca. 65 S. W5 i. Vorbr.
- Klein, W., Trägerfrequenz-Technik. 49. 214 S. 110 Abb. A5 15,—
- Koster-Spudich, Die Superhet-Spulensätze. 2. Aufl. 50. 48 S. 12 Abb. D9 geb. 4,90
- König, H. W., Laufzeittheorie der Elektronenröhren. 48. S40
- Teil 1: Ein- und Mehrkreissysteme. 210 S. 72 Abb.
- Teil 2: Kathodeneigenschaften, Vierpole. 139 S. 47 Abb. zus. 48,—
- Kollak-Pupp, Funktechnik u. i. Randgebiete in Frage und Antwort. 384 S. W5 i. Vorbr.
- Kotowski-Sobotka, Drahtloser Überseeverkehr. 2. Aufl.
287 S. 141 Abb. H18 kart. 14,80
- Kracmar, F., Allgemeine Hochfrequenztechnik. K12
- Teil 1: Physikalische Grundlagen. 47. 198 S. 134 Abb. 9,35
- Kunze, F., Amerikanische Röhren. 48. 64 S. 70 Abb. F17 kart. 6,30
- Röhren-Dokumente. Lfg. 1 bis 5. 200 S. ca. 500 Abb. F17 kart. 12,—
- Lieferung 6 und ff. 40 S. ca. 100 Abb. F17 kart. 3,50
- Röhren-Taschientabelle. 2. Aufl. 50. 136 S. 658 Abb. F17 kart. 2,50
- Tabelle der englischen Dienströhren. 50. 12 S. 127 Abb. F17 2,—

Kunze, H. , Netz- u. Kleintransformatoren. 48. 34 S. 13 Abb. D9	kart. 2,50
Lange, H. , Lehrbuch d. Rundfunktechnik f. Fortgeschrittene. B16	i. Vorber.
— Tabellen für den Funkpraktiker. 48. 199 S. B16	geb. 10,—
Lange-Nowisch , Empfänger-Schaltungen der Radio-Industrie. D9	
Bd. 1: 9,80; Bd. 2: geb. 9,70; Bd. 3: geb. 10,50; Bd. 4: geb. 10,50	
Laporte, H. , Die Messung von elektrischen Schwingungen aller Art nach Frequenz- und Amplitude. 111 S. 122 Abb. K11	4,20
— Die Messung von elektrischen Spannungen und Strömen aller Art von Gleichstrom bis Hochfrequenz. 149 S. 199 Abb. K11	5,20
— Hochfrequenztechnische Feldstärkemessung und Feldstärkeregistrierung. 50. 76 S. K11	3,40
Limann, O. , Prüffeldmeßtechnik. 3. Aufl. 47. 304 S. 202 Abb. F17	kart. 16,80
— Funktechnik ohne Ballast. 49. 160 S. 325 Abb. F17	geb. 9,50
— So gleicht der Praktiker ab. 50. 48 S. 36 Abb. F17	kart. 3,—
Löchner-Wrona , Lehrbuch der Rundfunktechnik. 4. Aufl. 49. 304 S. 400 Abb. B16	geb. 12,—
Masing, W. , Rundfunktechnik. 50. ca 250 S. 200 Abb. Z1	i. Vorber. ca. 5,—
Mataré, H. , Empfangsprobleme im Ultra-Hochfrequenzgebiet. 51. ca. 230 S. 214 Abb. O1	in Vorbereitung
Meinke, H. H. , Meßgeräte f. Dezimeterwellen. ca. 35 S. 32 Abb. W5	i. Vorber.
— Theorie der Hochfrequenzschaltungen. O1	in Vorbereitung
— Felder und Wellen i. Hohlleiter. 50. 148 S. 131 Abb. O1	kart. 15,—
Mende, H. G. , Das Radio-Baubuch. 49. 287 S. m. Abb. A18	geb. 12,—
— Rundfunkempfänger-, UKW-Zusatzgeräte- und Röhrentabelle 1950/51. 51. 16 S. W4	2,30
Meyer-Eppler , Elektrische Klangerzeugung. 49. 142 S. 118 Abb. D19	10,80
Moderne Funktechnik. W4	
Bd. 1: Wrona, E., Ultrakurzwellen-Frequenzmodulation. Einführung in Sendung und Empfang. 49. 48 S. 35 Abb.	kart. 2,50
Bd. 2: Wrona, E., Kleines UKW-Praktikum. 50. 112 S. 56 Abb.	kart. 4,80
Bd. 3: Brauns, H., Tonbandtechnik. 51.	in Vorbereitung
Möller, W. , Die Braunsche Röhre. 4. Aufl. 49. 288 S. 371 Abb. S12	geb. 15,—
Monn, H. , Taschenbuch für Rundfunktechniker. 48. 277 S. 244 Abb. F17	geb. 6,50
Nentwig, K. , Funk-Meßpraktikum. 7. Aufl. 48. 208 S. 119 Abb. S12	kart. 7,—
— Maßeinheiten und Konstanten. 6. Aufl. 48. 33 S. S12	kart. 1,20
— Funktechnisches Rechnen. 51. W4	in Vorbereitung
Nesper, E. , Die Hauptsache: Eine gute Rundfunkantenne. 3. Aufl. 146 S. 137 Abb. K11	kart. 5,40
— Wege zum Detektor-Lautsprecher. 2. Aufl. 49. 32 S. 30 Abb. K11	kart. 1,40
— Ein Leben für den Funk. 50. 152 S. 8 Abb. O1	kart. 6,—
Nieden, B. F. , Die Radio-Reparatur. D9	
Tl. 1: Der Weg zur Systematik. 4. Aufl. 50. 77 S. 72 Abb.	kart. 3,50
Tl. 2: Erfahrungswerte. 3. Aufl. 49. 44 S. 29 Abb.	kart. 3,—
Tl. 3: Tabellarisches Rüstzeug für die Werkstatt. 49. 264 S.	geb. 6,70
Nowak-Schilling , Vom Dipol zum Lautsprecher. Empfangstechnik frequenzmodulierter Sendungen. 50. 296 S. m. ü. 150 Abb. W4	geb. 14,80
Osen, H. , Röhrenvoltmeter. 48. 24 S. A18	kart. 3,25
Petermann, W. , Mikrofone. 48. 32 S. m. Abb. D9	kart. 2,50
Petzoldt , Elektroakustik. 5 Bände. 49/50. B16	in Vorbereitung
Pinternagel, W. , Kathodenstrahl-Oszillograph mit Kippgerät und Verstärker für Wechselstrom. 48. 22 S. 14 Abb. F17	kart. 2,50
— Einfacher Meßsender. 48. 16 S. 13 Abb. F17	kart. 2,50

- Pitsch, H.**, Lehrbuch d. Funkempfangstechnik. 2. Aufl. 50. 910 S. 995 Abb. A5 geb. 65,—
Radio-Praktiker-Bücherei. F17 jeder Band 1,20
- Bd. 1: Sutaner, H., Die neue U-Röhren-Reihe u. i. Schaltungen. 50. 64 S. 50 Abb.
Bd. 3: Mende, H. G., UKW-FM-Rundfunk i. Theorie u. Praxis. 50. 64 S. 35 Abb.
Bd. 4: Mende, H. G., UKW-Empfang m. Zusatzgeräten. 50. 64 S. 15 Abb.
Bd. 6: Mende, H. G., Antennen f. Rundfunk- u. UKW-Empfang. 50. 64 S. 30 Abb.
Bd. 7: Kühne, F., Neuzeitliche Schallfolienaufnahme. 50. 64 S. 39 Abb.
Bd. 8: Kühne, F., Vielseitige Verstärkergeräte f. Tonaufnahme u. Wiedergabe.
50. 64 S. 36 Abb.
Bd. 9: Junghans, W., Magnetbandspieler-Praxis. 50. 64 S. 38 Abb.
Bd. 11: Kühne, F., Mikrofone. Aufb., Verwend. u. Selbstbau. 50. 64 S. 38 Abb.
Bd. 13: Kühne, F., Schliche u. Kniffe f. Radiopraktiker. 50. 64 S. 57 Abb.
Bd. 15: Sutaner, H., Moderne Zweikreis-Empfänger. 50. 64 S. 43 Abb.
Bd. 16: Hoffmeister, G., Widerstandskunde f. Radiopraktiker. 50. 64 S. 13 Abb.
Bd. 17: Schiffel-Woletz, Prüfsender f. UKW-Empfänger. 50. 64 S. 57 Abb.
Bd. 18/19: Mende, H. G., Radio-Röhren, wie sie wurden, was sie leisten und
anderes, was nicht im Barkhausen steht. 50. 128 S. 65 Abb. kart. 2,40
Bd. 20: Renardy, A., Methodische Fehlersuche i. Rundfunk-Empfängern.
50. 64 S. 16 Abb.
Bd. 21: Kunze, F., Funktechniker lernen Formelrechnen. 50. 64 S. 22 Abb.
Bd. 22/23: Jacobs, F., Lehrgang Radiotechnik. 51. 128 S. üb. 100 Abb.
- Rath, H. L.**, Kurzwellen u. ihre Empfangstechnik. 48. 50 S. D9 kart. 3,—
- Rathelser, L.**, Rundfunkröhren. Eigenschaften und Anwendung. Neuaufl. 49. 434 S.
823 Abb. R3 geb. 27,—
- Rundfunkröhren. Eigensch. u. Anwendung d. neuen UKW-Röhren.
51. 127 S. 236 Abb. R3 geb. 16,—
- Reuber, C.**, Radio, was man davon wissen sollte. 48. 68 S. R3 geb. 5,—
- Richter, H.**, Handb. d. Funktechn. / Fortschr. d. Funktechn. F9 Bd. 10/11 (7/8). 337 S.,
üb. 500 Abb. geb. 60,—; Bd. 12 (50/51). 397 S. 569 Abb. geb. 46,—
- Rundfunk- u. UKW-Technik. Ein Hilfsbuch. 49. 318 S. R5 geb. 6,70
- Hilfsbuch f. Kathodenstrahl-Oszillografie. 50. 200 S. 255 Abb. F17 geb. 13,80
- Radiotechnik f. Alle. 454 S. 365 Abb. 49. F9 geb. 12,—
- UKW-FM. Radiotechnik f. Alle. Tl. 2: 50. 267 S. 118 Abb. F9 geb. 8,50
- Rint, C.**, Handbuch f. Hochfrequenz- u. Elektrotechniker. 49. 768 S. m. Abb. V15 geb. 12,50
- Röhrentabelle-ART.** 48. 36 S. A18 / F6 kart. 3,50
- Röhrentaschen-Tabellen.** 50. 128 S. F17 2,—
- Rose-Oberdieck, Fachkunde f. Rundfunkmechaniker.** 2. Aufl. 50. 184 S. 240 Abb. J1
4,80
- Rothe-Kleen, Grundlagen u. Kennlinien d. Elektronenröhren.** A5. Neuaufl. i. Vorber.
- Elektronenröhren als Anfangsstufenverstärker. A5 Neuaufl. i. Vorber.
- Elektronenröhren als End- u. Sendeverstärker. 3. Aufl. 45. 151 S. 118 Abb. A5
kart. 9,40
- Elektronenröhren als Schwingungserzeuger u. Gleichrichter. 2. Aufl. 48. 282 S.
189 Abb. A5 kart. 15,20
- Röhrentaschenbuch.** 2. Aufl. 50. 252 S. D9 geb. 7,90
- Safarik-Vojta, Fernmelde- u. Rundfunktechnik.** 49. 228 S. 254 Abb. B32 6,90
- Sammer, F.**, Schwingungskreise m. Eisenkernspulen. 50. 207 S. 134 Abb. A5 geb. 15,—
- Schadow, R.**, Neuzeitliche Fehlersuchgeräte. B16 in Vorbereitung
- Funkwerktechnik. 2. Aufl. 49. 331 S. 92 Abb. W5 geb. 9,80
- Schaltplansammlung (ART) „Volksausgabe“.** 2254 Industrieschaltungen in 5 Ordern.
A18 / F6 kompl. 150,—
- Schiffel-Köhler, Funktechnische Arbeitsblätter.** Lfg. 1—6. Jede Lfg. 40 S. ca. 100 Abb.
F17 6,—

Schips-Iszler, Taschenbuch f. d. Kurzwellenamateur. 2. Aufl. 48. 140 S. K13	3,40
Schlichting, Einführung i. d. Kurzwellenpraxis. A18	i. Vorber. ca. 10,—
Schneider, J., Röhrenersatz durch Austausch und Selbstbau. 2. Aufl. 36 S. 93 Abb. S12	kart. 1,—
Schneiders radiotechnischer Almanach 1947. 170 S. 91 Abb. S12	kart. 5,—
Schneiders Tabellen. S12 bisher 19 Tabellen lt. Sonderverzeichnis.	
Schreyer, H., Praktische Funktechnik. 49. 180 S. 128 Abb. M19	7,—
Schriftenreihe d. Hochfrequenztechnik. 24 Hefte m. je ca. 150 S. lt. Sonderverzeichnis.	
A18 / F6	kart. je 10,—
Schultheiß, K., Der Kurzwellenamateur. Lehrbuch und Ratgeber für den Sende- und Empfangsbetrieb. 288 S. m. v. Abb. F9	8,50
Schultze, H. J., Funktechnische Nomogramme. 50. 75 Taf. DIN A 4 F17 i. Mappe	9,—
Schulz, G., Abgleich v. Superhet- u. Geradeausempfängern. 47. 19 S. 23 Abb. A18	kart. 3,20
— Beschreibung eines Röhrenprüfgerätes. 48. 14 S. A18	kart. 3,50
Schweitzer, H., Röhrenmeßtechnik. 50. 192 S. 118 Abb. F17	geb. 13,80
Strecker, F., Praktische Stabilitätsprüfung mittels Ortskurven und numerischer Verfahren. 50. ca. 230 S. 101 Abb. S29	ca. 15,—
Strutt, M. J. O., Verstärker u. Empfänger. 2. Aufl. 50. 422 S. 425 Abb. S29	geb. 46,50
Thiele-Endell, Planmäßige Fehlerbestimmung in der Rundfunkwerkstatt.	
49. 72 S. 45 Abb. M37	3,85
Thieme, B., Die moderne Mehrgitterröhre. 2. Aufl. 49. 30 S. 21 Abb. D9	kart. 1,50
— Die Radio-Röhre. 6. Aufl. 49. 20 S. 14 Abb. D9	kart. 1,—
Trieloff, W., Röhren-Vergleichstabellen. 50. 176 S. F17	kart. 8,—
— Bestückungstabellen f. Rundfunkempfänger 1927/50. 50. 64 S. F17	kart. 5,50
Vilbig, F., Lehrbuch d. Hochfrequenztechnik. 2 Bände. 1308 S. 1657 Abb. A5	
vergr. Neuaufl. i. Vorber.	
— -Zenneck, Fortschritte der Hochfrequenztechnik. A5. Bd. 2: 43. 874 S. 581 Abb.	kart. 54,40
Wahl, R., Einführung i. d. Verstärkerpraxis. 2. Aufl. 43. 48 S. 43 Abb. W29	1,50
Weichart, F., Die Grundlagen der Funktechnik. W5. Tl. 1 u. 2.	i. Vorber.
Wiegner, W., Lexikon der Rundfunkröhren. 50. 136 S. 100 Abb. D9	geb. 7,90
Wiehle-Seidler, Fernmelde- und Funktechnik. Vorbereitungsbuch zur Gesellen- und Meisterprüfung. 152 S. 110 Abb. B32	2,80
Winter-Engel, Rundfunk ohne Störungen. 13.—16. Tsd. B59	kart. 7,50
Wollmann, R., Moderne Schallplattenanlage für Wiedergabe und Selbstaufnahme.	
47. 68 S. m. Abb. M1	kart. 3,—
Wrona, E., Meßinstrumente für den Funkfachmann. 48. 82 S. 41 Abb. B16	geb. 5,—
— Ultrakurzwellen-Frequenzmodulation. Eine Einführung in Sendung und Empfang.	
49. 45 S. 35 Abb. W4	kart. 2,50
— Kleines UKW-Praktikum. 50. 112 S. 56 Abb. W4	kart. 4,80
Wunder, R., Funktechnik in Frage und Antwort. 2. Aufl. 48. 195 S. 173 Abb. S25	kart. 13,—
Zinke, E., Elektronenröhren. 48. 45 S. 21 Abb. S25	kart. 6,—
Zinke, O., Hochfrequenz-Meßtechnik. 2. Aufl. 47. 268 S. 234 Abb. H17	16,—
Zumbusch, H., Antennen-Handbuch. W4	in Vorbereitung
Zunino, J., Die Klangqualität eines Rundfunkempfängers und d. Verbesserungsmöglichkeiten. 48. 42 S. 5 Abb. A18	kart. 4,50

Herausgeber und Verlag: Weidemanns Buchhandlung, Hannover. Verantwortlich für Inhalt und Anzeigen: S. Schütz, Hannover. Druck: L. Mundschenk, Soltau.

Fernbedienungsanlagen im Energie-Versorgungsbetrieb

von W. P. Venzke

296 Seiten DIN A 5 - 145 Fotos und Zeichnungen

Halbleinenband 16,— DM. Bestell-Nr. 4811 H

Ganzleinenband 17,10 DM. Bestell-Nr. 4811 G

Hochspannungs- und Niederspannungs-Schaltanlagen

von Obering. B. Fleck

272 Seiten DIN A 5 - 221 Fotos und Zeichnungen

Halbleinenband 18,— DM. Bestell-Nr. 5611 H

Ganzleinenband 19,20 DM. Bestell-Nr. 5611 G

**Prüfung der Isolation von Hochspannungsfreileitungen
und Schaltanlagen im Betrieb**

von B. Koske

96 Seiten 12,5 × 17,5 cm - 70 Diagramme, Fotos, Zeichnungen und

Tafeln. 4. Auflage - Kartoniert 6,40 DM. Bestell-Nr. 4214 K

Halbleinenband 7,— DM. Bestell-Nr. 4214 H

Elektrotechnik im Betrieb

von Dr.-Ing. E. Brödner und Dipl.-Ing. J. Wolf

192 Seiten DIN A 5 - 132 Diagramme, Zeichnungen und Tafeln.

5. Auflage. Kartoniert 6,60 DM. Bestell-Nr. 3915

Der geräuscharme Elektromotor

von Dr.-Ing. R. H. Jordan

100 Seiten DIN A 5 - 51 Fotos und Zeichnungen

Halbleinenband 11,60 DM. Bestell-Nr. 3512

Die Meßtechnik

des mechanischen Präzisionsgleichrichters (Vektormesser)

von Dr.-Ing. F. Koppelman

340 Seiten DIN A 5 - 181 Diagramme, Zeichnungen und 50 Meßblätter

Ganzleinenband 18,40 DM. Bestell-Nr. 6511

VERLAG W. GIRARDET · ESSEN

FRIEDRICH'S *Fach- und Tabellenbücher*

Tabellenbuch für Elektrotechnik

Von W. Friedrich, C. Schaub u. G. Voltz. 175.—199. Aufl.
304 S. Mit zahlr. Abb. 4.80

Leitfaden für den Fachunterricht in Elektrikerklassen

Von W. Friedrich, F. Jess u. F. Köhne. 71.—80. Aufl.
80 S. Mit zahlr. Abb. 2.80

Elektrotechnisches Schaltungsbuch

Von W. Friedrich, F. Jess u. F. Köhne. 101.—120. Aufl.
142 S. Mit zahlr. Abb. 1.50

Arbeitsblätter für den Zeichenunterricht

Fachzeichnen für Elektriker

Teil I: Für Anfänger. Von F. Jess, F. Köhne u. W. Friedrich.
49.-51. Aufl. 28 Bl. 2.20

Teil II: Für Fortgeschrittene und Fachschulen. Von F. Jess, F. Köhne
u. W. Friedrich. 16.-20. Aufl. 16 Bl. 1.50

Teil III: Für Meisterlehrgänge. Von F. Jess, F. Köhne u. V. Kling-
elhoefter. 7.-9. Aufl. 22 Bl. 1.50

Teil IV: Fernmeldetechnik. Von F. Jess, F. Köhne u. W. Friedrich.
3.-5. Aufl. 24 Bl. 1.50

Teil V: Für Kraftfahrzeughandwerker. Von F. Jess, F. Köhne u. M.
Witt. 1.-2. Aufl. 32 Bl. 2.20

Radio-Taschenbuch

für Rundfunkmechaniker, Techniker und Radiofreunde.
Von Dr.-Ing. F. Stejskal. (in Vorb.)

BLATZHEIM

Fachkunde für Elektriker

Teil I: Allgemeine Elektrotechnik. 150 S. Mit 215 Abb. 4.80

Teil II: Elektrische Maschinen und Meßgeräte.

9. Aufl. 243 S. Mit 305 Abb. 5.80

Teil III: Die Installation von Starkstromanlagen. 5. Aufl. (in Vorb.)

Teil IV: Fachrechnen für Elektriker. 12. Aufl. (Ausg. A) Für Berufsschulen
und Fortbildungskurse. 106 S. Mit 32 Abb. 3.40

(Ausg. B) Für Fachschulen und Meisterkurse. 93 S. Mit 37 Abb. 3.80

Teil V: Leistungsberechnung und Kalkulation. (in Vorb.)

ELEKTRISCHE KLANGERZEUGUNG

Elektronische Musik und synthetische Sprache.

Von Dr. W. Meyer-Eppler. 139 S. Mit 122 Abb. im Text und 16
Kunstdrucktafeln. 10.80



UMMLER / BONN

a)

00-13-26404

TEILNEHMERVERZEICHNIS



VERBAND DEUTSCHER ELEKTROTECHNIKER

JAHRESVERSAMMLUNG HANNOVER 1951

T E I L N E H M E R V E R Z E I C H N I S

VERBAND DEUTSCHER ELEKTROTECHNIKER JAHRESVERSAMMLUNG HANNOVER 1951

v o m 1 1 . b i s 1 6 . J u n i 1 9 5 1

A

Abart, Josef, Postrat
Ackermann, Oskar, Obering.
Adolph, Hermann, Obering.
A.E.G. Zählerwerk
Ahrens, Erich, Betriebs-Ing.
Albrecht, Horst, Dipl.-Ing.
Alpheis, Gerhard, El.-Ing.
Alps, Franz, Dir., Reg.-Baumeister
Altemann, Heinz, Ing.
Altena, Walter, Obering.
mit Frau u. Tochter
Andresen, Karl, Dr.-Ing.
Anies, Helmuth, El.-Ing.
Anneser, Rudolf, Dipl.-Ing.
Apelt, Erich, Obering.
Arnold, August, Direktor
Arzmaier, Alfons, Obering.
Aschoff, Volker, Prof. Dr.
Aßmann, Dipl.-Ing.
Äsemann, Ing.

Augustin, Johann, Ing.

Autenrieth, Kurt, Dipl.-Ing.

Backhaus, Karl, Dr.-Ing.
Bader, Wilhelm, Prof. Dr.
Bähr, Wilhelm, Obering.
Baumhof, Obering.
Bareuter, Heinz, Dipl.-Ing.
Bartels, Martin, Dipl.-Ing.
Barz, Friedrich, Dr.-Ing.
Bau, Waldemar, Techn. Direktor

München, Maria-Josef-Str. 4
Dünsen ü. Harpstedt, Harpstedt Nr. 310
Erlangen, Spardorfer Str.
Hameln/Weser, Kuhbrückenstr. 6—8
Hamburg 20, Löwenstr. 54
Hoechst, Farbwerke Hoechst
Hannover, Siemensstr. 1
Essen, Kruppstr. 30
W-Ronsdorf, Herdenbachstr. 15
Herten/Westf., Ewaldstr. 292 a

Bissendorf 156 über Hannover
Hamburg-Bergedorf, Neuer Weg 57
Hameln, Bahnhofstr. 18
Hamburg 33, Fuhlsbütteler Str. 132
Frankfurt/M., Hochhaus
München, Bräuhausstr. 10
Aachen, Techn. Hochschule
Hannover
Hamburg, H.E.W., Gerhart-Hauptmann-
Platz 48
Hannover-Ricklingen, Göttinger Chaussee
76 A
Frankfurt/M., Sachsenh. Landwehrweg 69

Lauf/Pegnitz, Am Steg 14
Stuttgart, Markelstr. 20
Hannover, Brahmsstr. 1
Hannover, Friedrichstr. 1
Frankfurt/M., Silberbornstr. 27
Köln-Mülheim, Zehnstr. 39
Bln.-Wilmsdorf, Rudolstädter Str. 95
Hannover, Friedrichstr. 1

Bax, Hans, Dipl.-Ing.	Bremen, Mathildenstr. 37
Bayer, Curt, Dipl.-Ing.	Wanne-Eickel, Dorstener Str. 29
Baerens, Josef, Dipl.-Ing.	Wuppertal-Elberfeld, Worringerstr. 77
Bechtlin, Walter, Obering.	Frankfurt/M., Guiolettstr. 48
Becker, Alex, Obering.	Hamm/Westf., Rothebach 9
Becker, Paul, Dipl.-Ing.	Frankfurt, AEG-Hochhaus Süd
Becker, Valentin, Obering.	München, Blumenburgstr. 6
Beckmann, Wilhelm, Ing.	Rheinhausen, Hochemmericher Str. 70
Beenken, Carl-Dieter, Dipl.-Ing., Generaldirektor	(24) Kiel, Nietzschestr. 9
Behrends, Kurt, Dipl.-Ing.	Bochum-Gerthe, Hiltroper Landwehr 10
Beil, Heinrich, Dipl.-Ing.	Hameln, Bahnhofstr. 18
Beindorf, Werner, Dr.-Ing.	Köln-Buchforst, Kopernikusstr. 11
Beisiegel, Walter, Reichsbahnrat	München, Arnulfstr. 19
Beißel, Hans, Ing.	Eschweiler, Odilienstr. 22
Bell, Paul, Dipl.-Ing.	Aachen, Dr.-Hahn-Str. 16
Bender, Karl, Obering.	Wetzlar
Bendfeldt, Hans, Dipl.-Ing. und Frau	Bottrop/Westf., Knappenstr. 28
Benecke, Wilhelm, Dipl.-Ing.	Erlangen, Badstr. 29
Benkert, Emil, Dipl.-Ing.	Mannheim-Neuostheim, Corneliusstr. 8
Bense, Carl, Dipl.-Ing.	Rodenkirchen bei Köln, Dammstr. 7
Berghahn, Alfred, Dr.-Ing.	Essen-Bredeney, Holunderweg 74
Bergholtz	Stuttgart, Mix u. Genest
Bergmann, Kurt, Dipl.-Ing.	Krefeld, Preußenring 41
Bernet, Erwin, Ing.	Frankfurt, Hauptbahnhof 12
Besold, Hans, Direktor	Berlin-Siemensstadt, Siemenswerk/Schaltw.
Beutler, Fritz, Fabrikdirektor	Köln-Riehl, Amsterdamer Str. 192
Beythien, Horst, Ing.	Ruhmannsfelden, Schulstr.
Biedermann, Adolf, Fernm.-Techn.	Karlsruhe, Hebelstr. 2
Bielefeldt, Otto, Dipl.-Ing.	Essen-Rüttenscheidt, Wusthoffstr. 4
Bielenberg, Ernst, Dipl.-Ing.	Hagen i. W., Hochstr. 73
Biermanns, Josef, Prof. Dr. und Frau	Helsa b. Kassel, Ibachtal 251

Birkmann, Severin, Direktor	Wuppertal-Vohwinkel, Kabelwerk Vohwinkel
Birnthaler, Wilhelm, Dr. Phys.	Nürnberg, Güntherstr. 4
Bittler, Heinz, Ing.	Hannover, Hildesheimer Str. 70
Bitz, Josef, Direktor	Rheydt (22a), Elektrizitätsstr. 35
Blaufuß, Karl, Dr.-Ing.	Berlin N 31, Brunnenstr. 107a
Block, Werner, Obering.	Berlin-Reinickend.-West, Genfer Str. 103
Block, Wilhelm, Ing.	Kiel, Möllingstr. 22
Bloser, Hans, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	H.-Kleefeld, Sievertstr. 31
Bluhm, Hans, Direktor	Düsseldorf, Sybelstr. 14
Blume, Otto, Obering.	Hamm/Westf., Friedrichstr. 8
Blume, Rudolph, Ing.	Essen, Alfredstr. 108
Bock, Friedrich, Dr.-Ing.	Barsinghausen, Poststr. 31
Bock, Wilhelm, Obering.	Mannheim-Gartenstadt, Kasseler Str. 133
Boebel, Armin, Obering.	Altenbrilon 13
Böcker, Helmut, Ing.	Mannheim, Brown-Boveri, Postfach 1040
Böckle, Ernst	Alfeld, Benseidtsstr. 10
Boehm, Bernhard, Oberreichsbahnrat	Stuttgart, Heilbronner Str.
Böhm, Eduard, Obering.	Roth b. Nbg., Otto-Schrimpff-Str. 4
Böhm, Hans, Dipl.-Ing.	Berlin-Friedenau, Südwestkorso 14
Böhme, Kurt, Obering. <i>Frau und Tochter</i>	Oberhausen-Sterkrade, Wilhelmstr. 11
Böhme, Wilhelm, Dipl.-Ing.	Hagen i. Westf., Hochstr. 73
Bogen, Edmund, Dipl.-Ing.	Kiel, Hansastr. 69
Böhse, Albrecht, Dipl.-Ing.	Neustadt/Cob., Gabelsberger Str. 4
Böning, P., Prof. Dr.-Ing.	Porz/Rhein, Goethestr. 7
Bosserhoff, Dipl.-Ing.	Hannover, Friedrichstr. 1
Bolling, Waldemar, Dipl.-Ing.	Frankfurt/M., Bockenheimer Landstr. 109
Bollmann, Walter, Obering.	Heidelberg, St. Vitusgasse 11a
Borberg, Heinrich, Dipl.-Ing.	Berlin-Friedenau, Fregestr. 70
Born, Fritz, Dr.	Berlin-Dahlem, Ihnestr. 74
Born, Fritz, Dipl.-Ing.	Frankfurt/M., Kreuzerstr. 7
Bornemann, Hans, Dozent-Baurat	Berlin N 65, Lütticher Str. 38

Bornemann, Helmut, Min.-Rat	Frankfurt/M., Francstr. 12
Bornhövd, Heinz, Direktor, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Frankfurt/M., Falkensteiner Str. 10
Bornmann, Friedrich, Werbeleiter	Hannover, Liebigstr. 5
Bosch, Max, Obering.	Berlin-Siemensstadt, Siemens-Schaltwerk
Bovenschen, Walter, Dipl.-Ing.	Hannover, Haarstr. 7
Bover, Max, Obering.	Essen, Kettwiger Str. 42
Böwering, Julius, Dipl.-Ing.	Dortmund-Kirchlinde, Westerwikstr. 7a
Boysen, Joh., Dr. Ing.	Düsseldorf, Degerstr. 6
Brandes, Athur, Obering.	Bremen, Besselstr. 80
Brandes, Hermann, Betriebsdirektor <i>und Frau</i>	Hannover, Mommsenstr. 41
Brandes, Herrmann, Ing. <i>und Frau</i>	Hannover, Torstr. 11
Brandes, Robert, Dipl.-Ing.	Hannover, Hahnenstr. 1
Brandes, Willy, Direktor	Gevelsberg/W., Am Jägerhaus 6
Brauer, Walter, Dipl.-Ing.	Frankfurt/M., Ackermannstr. 7
Braun, Alfred, Ing.	Köln-N., Nesselrodestr. 13
Braun, Heinz, Dipl.-Ing.	Mülheim (Ruhr), Kämpchenstr. 21
Bräuning, Dipl.-Ing.	Hannover, Friedrichstr. 1
Brauns, Helmut, Physiker	Köln-Delbrück, Gemarkenstr. 140
Bremer, Dipl.-Ing.	Hannover, Friedrichstr. 1
Bremicker, Hermann, Dipl.-Ing.	Mannheim-Rheinau, Herrensand 46
Brinkmann, Karl, Dr.-Ing. <i>und Frau</i>	Braunschweig, Haeckelstr. 15
Brinkmeyer, Heinz, Dipl.-Ing., Obering.	Frankfurt/M., Lindenstr. 22
Brückner, Rolf, Dipl.-Ing.	Erlangen, Rathberger Str. 6
Brügmann, Paul, Ing.	Hamburg, Nissenstr. 14
Brühl, Gerhard, Dr. Phys.	Ulm, Zinglerstr. 108
Buchholz, Heinz, Dipl.-Ing.	Frankfurt/M., Wolfsgangstr. 87
Buchmann, Ewald, Dr. Phys.	München, Simmernstr. 3
Buchmann, Gerhard, Ing.	Eutingen i. B., Rennbachweg 6
Buckow, Heinz, Dipl.-Ing.	Stuttgart-Feuerbach, Burgherrenstr. 53
Büdscheid, Michael, Obering.	Leverkusen-Schlebusch, Richard-Wagner- Str. 7

Bürger, H. G., cand. el.	Hannover, Bohnenstr. 1
Büsing, Marg.	Hannover, Voltastr. 15
Büttgen, Wilhelm, Ing.	Braunschweig, Stadtwerke, Wilhelmstr. 68
Büttner, Gerhard, Dr., Chemiker	Porz/Rhein, Georg-Ohm-Str.
Buntzel, Max, Geschäftsführer	Brand/Aachen, Heidestr. 5
Burger, Franz, Obering., Dipl.-Ing.	Herringen/Westf., Alleestr. 256
Busch, Ing.	Hamburg, Gerhart-Hauptmann-Platz 48
Buß, Gerd, Dr. Phys.	Köln-Mülheim, Frankfurter Str. 43
Buss, Karl, Dr.-Ing.	Köln-Mülheim, Genovevastr. 94
Brückner, Paul, Dr.-Ing.	Hannover, Techn. Hochschule
Braun, Heinrich, Obering.	Essen, Kruppstr. 30
Brüninghaus, Walter, Ing.	Essen, Kruppstr. 30
Badehop, Fritz, Obering.	Nürnberg, Tullnastr. 52
Brunke, Fritz, Dr. Phys.	Belecke/Möhne, Külbe 10
Brune, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Hannover, de-Haën-Platz 10
Bauer, R.	Nürnberg
Berndt, W.	Berlin
Blum	Berlin
Bosse, H.	Stuttgart
Bredner, R.	Hamburg
Brokmeier, K. H.	Dortmund
Blase, Alfred, Ing.	Hannover, Marienstr. 20
Barnstorf, Montageinsp.	Hannover-Buchholz, Steneltstr. 10
Behncke, Heinrich, Zivil-Ing.	Hannover, Herrenhäuser Kirchweg 38
Behrens, Dipl.-Ing.	Rethen/Leine
Birstein, Emil, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Hannover, Fichtestr. 14
Bünthe, Bernhard, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Hannover, Georgstr. 34
Bachmann, Walter, Dipl.-Ing.	Bückeburg, Beekfeld 3

C ames, Wilhelm, Dipl.-Ing.	Berlin-Spandau, Weinmeisterhornweg 55a
Capeller, Ruth, Dr. Physikerin	Köln, Richlerstr. 55
Caspari, Eduard, Dr.-Ing.	Heidelberg, Ludolf-Krehl-Str. 1b
Cautius, Werner, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Düsseldorf, Paul-von-Hase-Str. 6
Christ, Karl, Dr.-Ing.	Pforzheim, Blumenheckstr. 25
Christensen, Johannes, Ing.	Hamburg, Gerhart-Hauptmann-Platz 48
Classen, Wilhelm, Verleger	Essen, Wiesenstr. 55
Clausen, Heinrich, Direktor, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Hannover-Waldhausen, Adolf-Ey-Str. 16
Cohn, Alfred, Ing.	Goslar, Roußstr. 4
Cords, Otto, Dr. Phys.	Mannheim, Rennershotstr. 25
Croeziinger, Walter, Obering., Dipl.-Ing.	Dortm.-Kirchhörde, Pastorenwäldchen 30
Crumbiegel, Ernst-Ludwig, Ing.	Zirndorf bei Nürnberg, Kriemhildstr. 8
Cuno, Carl, Ing.	Frankfurt/M., Mainzer Landstr. 136
Ceselli, Giorgio <i>und Frau</i>	Hamburg 39, Bebelallee 21
Clausnitzer, W.,	Köln
Curion	Erlangen
Cramer, Richard, Dipl.-Ing.	Kassel, Lilienthalstr. 150

D abrowski, Theo, Dipl.-Ing.	Frankfurt, Hügelstr. 121
Dall, Dr. Theodor, Dipl.-Ing.	Frankfurt, Osthafenplatz 6
Decher, Fritz, Dipl.-Ing.	Oberursel/Ts., Zimmersmühlenweg 11
Delhey, Hans, Direktor	Brilon, Keffelkerstr. 11
Delor, Kurt, Dipl.-Ing.	Frankfurt, Baseler Str. 27
Demmel, Georg, Dipl.-Ing.	Neustadt/Cob., Kr. Ged. Siedlung 2
Demuth, Walter, Obering.	Hamburg 20, Sudeckstr. 6
Dengler, Dr. Fritz, Dipl.-Ing., Dir.	Coburg, Städt. Werke
Denk, Dr. Franz, Dir. <i>und Frau</i>	Neumünster, Hebbelstr. 5
Deppe, Hans, Dipl.-Ing.	Rheydt, Kabelwerk Rheydt
Depser, Rudolf, Dipl.-Ing.	Nürnberg, Motterstr. 46

Dichtel, Constantin, Oberbaurat <i>und Frau</i>	München-Solln, Malerwinkel 2
Dieckmann, Josef, Dipl.-Ing.	Hamburg-Blankenese, Am Kiekeberg 12
Dilgen, Balth., Ing.	Porz/Rhein, Hauptstr. 89
Dobke, Günther, Dipl.-Ing	Berlin-Wilmersdorf, Brandenburgische Straße 22
Dölle, Erich, Dipl.-Ing.	Kassel, Gnadenweg 8
Dolch, Alexander, Dipl.-Ing.	Frankfurt, Parlamentsstr. 29
Donath, Paul	Berlin-Siemensstadt, SSW/Schaltwerk
Dorn, Dr. Heinz, Physiker	Lauf/Pegnitz, Blumenstr. 9
Dreyer, Helmut, Dipl.-Ing.	Erlangen, Geisbergstr. 7
Droste, Otto, Obering.	Hagen/Westf., Fleyerstr. 115
Düll, Dr. H.,	Darmstadt, Bruststr. 49
Dürbeck, Hermann, Dipl.-Ing.	Frankfurt, Reinganumstr. 31
Dütsmann, Heinrich, Obering.	Karlsruhe, Hebelstr. 2—4
Duffing, Paul, Obering.	Berlin-Siemensstadt, SSW/Schaltwerk
v. Dragoni, August, Obering.	München 22, Von-der-Tann-Str. 7
Dreyhaupt, Walter, Obering.	Hamburg 21, Bachstr. 9—11
Denecke, W.	Braunschweig
Droscha, Helmut, Dipl.-Ing.	Frankfurt, Schweizer Str. 12
Dietz, Ing.	Hannover, Preag.
Dorn, Josef, Dipl.-Ing.	Münster, Stadtwerke
Dennhardt, Alfred, Dr.-Ing. <i>und Frau</i>	Hannover, Kerstingstr. 9

Ebnner-Eschenbach, Freiherr von, Max Hannover-Friedenau, Ulmenstr. 3
El.-Ing.

Eckenberg, Dr. Wilhelm, Direktor <i>und Frau</i>	Essen, Semperstr. 26
Eckert, Ing.	Hamburg, Gerhart-Hauptmann-Platz 48
Eckhardt, Hans, Dipl.-Ing.	Roth b. Wbg., Behnbracherstr. 9
Edler, Dr. Hans, Ing.	Neuhaus bei Höchstädt/Aisch
Ehlers, Heinz, Obering. <i>und Frau</i>	Empfangsstelle Wittsmoor

Eidloth, Michael, Obering.	Dortmund, Adickesstr. 18
Einsele, Dr. Arnold	Berlin-Siemensstadt, SSW/Schaltwerk
Elsässer, Herbert, Dipl.-Ing.	Waiblingen, Uhlandstr. 15
Elschner, Walter, Ing.	Kiel, Gartenstr. 6
Elsner, Dr. Richard, Obering. und Frau	Nürnberg, Am Maxfeld 93a
Ely, Otto. Direktor a. D.	Traunstein/Obb., Kolpingstr. 4
Emmert, Kurt, Obering. und Frau	Wuppertal-V., Arndtstr. 5
Endler, Herbert, Dipl.-Ing.	Hamburg 20, Weg beim Jäger 95
Engbert, Gerd, Ing.	Witten-Annen, Friedrich-Ebert-Str. 11
Engl, Manfred, Obering.	München, Blütenburgstr. 6
Enke, Friedrich, Obering. und Frau	Dortmund, Gerichtsstr. 2—4
Enke, Hermann, Dipl.-Ing.	Nürnberg, Rennweg 52a
Enkel, Fritz, Betr.-Ing.	Köln, NWDR Köln
Enkel, Hans-Georg, Obering.	Witten-Annen, Münzstr. 105
Eppink, Hans, Obering.	Afferde 180 über Hameln
Ernst, Robert, Dir. i. R.	Dortmund, Weisenburger Str. 70
Ernstberger, Hans, Direktor, Dipl.-Ing. und Frau	Kassel, Lessingstr. 21
Eschment, Erwin, Dipl.-Ing.	Hagen, Kr. Ansberg
Eschner, Heinz, Dipl.-Ing.	Wuppertal-Ronsdorf, Schöne Aussicht 22
Esenwein, Albert, Dipl.-Ing.	Berlin-Charlottenburg, Kaiserdamm 25a
Ertzel, Kurt, Dipl.-Ing.	Stuttgart-W., Gustav-Siegle-Str. 16
Eppmann, Ing.	Hannover, Städt. Betriebswerke
Erbacher, Dipl.-Ing.	Wien, Elektrizitätswirtschafts-AG
Enders, Erwin, Dipl.-Ing.	Frankfurt/M., Gutleutstr. 31
Ernst, Otto, Stadtrat	Hannover, Brehmstr. 54
Ellenberger, Jacob, Ing.	Altdorf bei Nbg., Hersbrucker Str. 551
Eickmeyer, cand. el.	Hannover, Techn. Hochschule

Farr, Karl, El.-Ing.

Hamburg-Lohbrügge, Ladenbeker Furt-
weg 6

Fassbender, Friedrich, Dipl.-Ing.

Frankfurt, Mainzer Landstr. 136

Felde, vom, Theodor, Dipl.-Ing.

Essen, Feldhauskamp 80

Feldner, Friedrich, Dipl.-Ing.

Hannover, Nachtigalstr. 9

Feller, Wilhelm, Ing.

Duisburg, Kabelwerk

Ferrari, Franz, Direktor, Dipl.-Ing.
und Frau

Berlin-Frohnau, Sigismundkorso 19

Ferreau, Werner, Obering.

Bochum, Am Pappelbusch 7

Finckh, Bernhard, Dipl.-Ing.

Stuttgart, Lautenschlagerstr. 17

Finster, Ernst, Dipl.-Ing.

Hamburg 20, Isekai 5

Firmenich, Rudolf, Dipl.-Ing.

Bergisch-Gladbach, Riffrather Str. 180

Fischer, Ulrich, Dipl.-Ing.
und Frau

Berlin-Siemensstadt, SSW/Schaltwerk

Fischer, Ernst, Obering., Prokurist

Berlin-Lichterfelde, Hortensienplatz 4

Fischer, Dr. Kurt

Hannover, Nieders. Landesdienst

Fichter, Max, Dipl.-Ing.

Hannover, Hackethal

Fleck, Botho, Obering.

Essen, Kruppstr. 30

Flegler, Eugen, Prof., Dr.-Ing.

Aachen, Försterstr. 25

Fleig, Rudolf, El.-Ing.

Triberg/Schw., Birkenweg 8

Floto, Werner, Reg.-Baurat a. D.

Abbenrode 10 über Braunschweig

Förster, Dr. Johann, Ing.

Berlin-Waidmannslust, Str. 176, Nr. 86

Förster, Dr. Martin, Direktor
und Frau

Köln-Riehl, Amsterdamer Str. 192

Föttinger, Carl, Obering.

Rheydt, Kabelwerk

Frank, Karl, Dr.-Ing., Direktor

Hannover, Eltwerk

Frank, Anton, Dipl.-Ing.

Flensburg, Ostseebadweg 53

Franke, Walter, Ing.

Berlin-Steglitz, Birkbuschstr. 40/41

Franken, Herbert, Ing.
und Frau

Bonn, Hartsteinstr. 1

Fredebold, Reinhard, Dipl.-Ing.
und Frau

Hannover, Güntherstr. 20

Fredebold, Walter, Student

Hannover, Güntherstr. 20

Frehse, Otto

Elmshorn, Stadtwerke

Freiberger, Dr. Heinrich, Direktor	Hamburg 1, Gerhart-Hauptmann-Platz 48
Frese, Hans, Prokurist	Köln-Rath, Wodanstr. 85
Freund, Karl-Ad., Ing.	Kirchheimbolanden, Schloßstr. 9
Freytag, Heinz, Dipl.-Ing.	Köln-Mülheim, Elisabeth-Breuer-Str. 9
Fricke, Leberecht, Dipl.-Ing.	Karlsruhe, Hebelstr. 2—4
Friedrich, Aug.-Hs., Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	München-Großhadern, Altenastr. 4
Friedrich, Julius, Dipl.-Ing.	Hannover, Wiesenstr. 26
Fröhlich, Albert, Direktor	Duisburg, Am Waldessaum 5
Frömchen, Willi, Dipl.-Ing.	Hamburg-Altona, Lessingstr. 10
Frowein, Herbert, Dipl.-Ing.	Wuppertal-Barmen, Friedrich-Engels- Allee 317
Fuchs, Hans, Dipl.-Ing.	Castrop-Rauxel, Am Beevenbruch 14
Fuchs, Josef, Betriebsleiter	Georgsmarienhütte, Rehlberg 1a
Füger, Felix, Oberbaurat	Karlsruhe, Kaiserallee 11
Führer, Dr. Rudolf, Abt.-Präsid.	München 2, Tillystr. 1/3
Funk, Dr. Gustav, Obering.	Erlangen, Pfälzer Str. 33
Fislage, Ing.	Hannover, Städt. Betriebswerke
Franke, Rudolf, Prof. Dr. <i>und Frau</i>	Bückeburg, Straußweg 2
Ferroni, von	Berlin
Fischer, F.-A., Dr. phil.	Darmstadt
Fehling, Konrad, Betriebsing.	Rethen (Leine), Hermann-Löns-Str. 3
Fessel, Friedr. Karl, techn. Kfm.	Düsseldorf, Wasserstr. 2
Förster, Franz, Obering.	München, Augustenstr.

G asser, Otto, Dipl.-Ing.	Berlin-Charlottenburg, Herschelstr. 9
Gastell, Dr. Arno, Abt.-Leiter	Nürnberg, Tillystr. 42a
Gehring, Werner, Dipl.-Ing., Obering.	Erlangen, Bayreuther Str. 17
Gelsdorf, Karl, Dipl.-Ing.	Hamburg-Harburg, Moorburger Str. 1
Gerlach, Fritz, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Hannover, Roseggerstr. 10
Germer, Karl, Ing.	Kabelwerk Rheydt Akt.-Ges.
Gerth, Dr. Felix, Ing.	Berlin-Tempelhof, Parkstr. 3/4

Gerwig, Heinrich, Präsident der OPD <i>und Frau</i>	Freiburg (Brg.), Luisenstr. 3
Geschwinde, Heinz, Dipl.-Ing.	Nürnberg, Am Maxfeld 93a
Gessner, Rudolf, Ing.	Osterode/Harz, Eichental 1
Geyler, Joachim, Ing.	Neustadt/Coburg, Kriegerged.-Siedlg. 5
Gieffers, Friedrich, Obering.	Berlin-Siemensstadt, SSW/Schaltwerk
Gielow, Friedr.-Wilh., Dipl.-Ing., Abt.- Dir. AEG	Frankfurt/M., Kreutzerstr. 7
Gierse, Siegfried, Dipl.-Ing.	Essen-Borbeck, Leimgardts Feld 40
Gladenbeck, Friedr., Präsident der OPD	Hamburg 36, Stephansplatz 1/5
Gladigau, Dr. Alb., Dr.-Ing. Reichsb.-Rat <i>und Frau</i>	Recklinghausen, Limperstr. 38
Göbel, Edmund, Reg.-Baumstr.	Stuttgart, Neckarstr. 1b
Göbel, Helmut, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Hannover, Gr. Barlinge 47
Göbel, Walter, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Ludwigshafen, IV. Gartenweg 11
Götz, Karl, Obering.	Berlin-Nikolassee, Normannenstr. 8
Goldmann, Dr. Joachim, Lab.-Ing.	Nürnberg, Tillystr. 42
Gollnick, Erich, Obering. Leiter der AEG Büro Bonn <i>und Frau</i>	Bad Godesberg, Clemens-August-Str. 49
Gorn, Franz, Direktor <i>und Frau</i>	Frankfurt, Wolfsgangstr. 8
Gossel, Dr. Erich, Dr.-Ing.	Frankfurt, Mainzer Landstraße 136/140
Gossmann, Albert, Obering.	Hagen i. W., Annaberghöhe 28
Gottlieb, Max, Ing.	Fürth/Bay., Nürnberger Str. 42
Gottsheim, Walter	W.-Elberfeld, Nellendahler Str. 353
Gräfe, Friedrich, Ing.	Wittingen, Bahnhofstr. 33
Graf, Georg, Obering.	Frankfurt, Mainzer Landstr. 65
Graf, Herbert, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Erlangen, Luitpoldstr. 45--47
Grafen, Günter, apl. PI(F)	Hannover, Oberpostdirektion
Grall, Hans, Direktor u. Vorstandsmitgl.	Duisburg, Am Mühlenberg 19
Grande, Max, Direktor	Mannheim, Auerhahnstr. 27
Grave, Dr. Hans-Ferdinand, Dr.-Ing. <i>und Frau</i>	Lehrte, Germaniastr. 19A

Grebe, Dr. Otto, Dr.-Ing. <i>und Frau</i>	Olpe i. Westf., Josefstr. 8
Griese, Dr. Hans-Joachim, Dr.-Ing.	Fürth/Bay., Flughafenstr. 88
Grondey, Joachim, Dipl.-Ing.	Bottrop, Steinmetzstr. 2
Gropp, Rudolf, Obering. u. Prok.	Wilhelmshaven, Hegelstr. 8
Groß, Emil, Obering. <i>und Frau</i>	Tauberbischofsheim/Bd., Schloßweg 17
Groß, Herbert, cand. med.	Tauberbischofsheim/Bd., Schloßweg 17
Groß, Dr. Hans, Dr.-Ing., Obering.	Hamburg-Altona, Helmholtzstr. 15
Großmann, Prof. Dr.-Ing., Rektor TH <i>und Frau</i>	Hannover, Am Welfengarten 1
Grothe, Klaus, Dipl.-Ing.	Nürnberg, Mathildenstr. 8
Gruber, Herbert, Oberreichsbahnrat	München, Arnulfstr. 19
Grünwald, Friedrich, Dipl.-Ing.	Kirchheim-Teck, Bleichestr. 38
Grünewald, Dr. Heinrich, Dr.-Ing. <i>und Frau</i>	Witten-Annen, Stockumer Str. 39
Gruschke, Dr. Georg, Direktor	Hamburg-Altona, Hohenzollernring 29
Gülzow, Hans, Obering.	Essen, Kruppstr. 30
Günther, Hans, Dipl.-Ing.	Mosbach, Renzstr. 29
Günther, Hans, Baudirektor	München, Südliche Auffahrtsallee 17
Gundlach, Prof. Dr. Friedrich-Wilhelm, Hochschulprofessor	Darmstadt, Jahnstr. 129
Gundlach, Wilhelm, Obering.	Dortmund-Hörde, Suebenstr. 8
Guthmann, Dr. Richard, Dr.-Ing.	Altenbrilon 15
Gutschke, Dr. Kurt, Obering.	Bochum, Kortumstr. 156
Gutzmann, Dr. Friedrich, Abt.-Leiter	Nürnberg, Tillystr. 42
Gunnit, Werner, Ing.	Düsseldorf-Rath, Kreuzweg 112
Greifenhagen, Kurt, Obering.	Essen, Kruppstr. 30
Gasser, O.	Erlangen
Grosse-Brauckmann, H.	Berlin
Gebauer	Marktredwitz

Hacks, Jakob, Dr. Physiker

Hämmerling, Friedrich, Dr. El.-Ing.
und Frau

Haeßler

Häußler, Hans, Dipl.-Ing.

Haverstroh, Hans, Dipl.-Ing.

Hahn, Wilhelm, Obering.

Hahne, Karl Heinz, Dr.-Ing.

Hameister, Georg, Dr.-Ing.

Hansen, W. H., Dipl.-Ing.

Harke, Paul, Dipl.-Ing., Direktor
und Frau

Harms, Diedrich, Obering.

Harstrick, Walter, Dipl.-Ing.

Hartwig, Walter, Dipl.-Ing.

Harz, Hermann, Obering.

Hauck, Hans, Obering.

Hausse, Friedrich, Ing.

Hauptmann, August, Ing.

Hausmann, Franz, Dir., Dipl.-Ing.
und Frau

Hautzel, Georg, El.-Ing.

Hebel, Martin, Professor
und Frau

Heckl, Max, Obering.

Heeschen, Walter, Dipl.-Ing.

Heibel, August, Ing.

Heinrich, Willibald, Dipl.-Ing.

Heinze, Joachim, Dipl.-Ing.

Heitmeier, Adolf, Dipl.-Ing.

Heitzmann, Franz, Dipl.-Ing.

Held, Christian, Dipl.-Ing.

Held, Wolfgang, Dipl.-Ing.

Dachau, Neuängerstr. 5

Frankfurt/M., Hochhaus Süd AEG

Stuttgart, Fa. Mix & Genest

Biberach a. d. Riß, Energieversorgung
Schwaben AG.

Köln-Klettenberg, Unkelerstr. 5

Alzenau/Ofr., Bahnhofstr. 3

Osnabrück, Werderstr. 6

Frankfurt/M., Bockenheimer Landstr. 109

Wuppertal-Oberbarmen, Rauental 58

Essen-Werden, Laupendahler Landstr. 215a

Berlin-Frohnau, Am Pilz 16

Hannover, Fa. Hackethal

Celle, Fuhsestr. 32

Berlin-Siemensstadt, Quellweg 64

München 2, Blütenburgstr. 6

Berlin-Friedenau, Maybachplatz 15

Hamburg 39, Flemingstr. 8

Düsseldorf, Scharnhorststr. 6

Solingen, Schlagbaumer Str. 45

Hechendorf a. P., Seestr. 75

Frankfurt, Guiollettstr. 48

Essen, Kruppstr. 30

Frankfurt/M., Mainzer Landstr. 136

Bergheim/Erft., Bahnhofstr. 16

Berlin-Frohnau, Eltviller Str. 3

Stuttgart-Cannstatt, Waiblinger Str. 184

Mannheim-Neckarau, Rheinaniastr. 12

Berlin-Charlottenburg, Bolivarallee 24

Berlin-Siemensstadt, Quellweg 54

Hellwig, Günther	Berlin-Tempelhof, Götzstr. 1
Henig, Richard, Dipl.-Ing.	Stuttgart N., Lautenschlagerstr. 17
Hennies, Friedrich, Direktor	Essen-Bredeney, Rüttelskamp 4
Henning, Walter, Dr. Obering.	Erlangen, Richard-Strauß-Str. 13
Henschke, Herrmann, Dr. Dipl.-Ing.	Frankfurt/M., AEG, Kreuzerstr. 7
Hevkenrath, Wilhelm, Direktor	Duisburg, Tonhallenstr. 65
Herklotz, Max, Obering.	Essen, Holsterhauser Str. 187
Hermann, Rudolf, Ing.	Braunschweig, Stadtwerke, Abt. Elt-Werk
Herr, Heinrich, Dipl.-Ing.	Wuppertal-Barmen, Emilienstr. 68
Herrmann, Christian, El.-Ing. <i>und Frau</i>	Hannover, Robertstr. 11
Herrmann, Herbert, Geschäftsführer	Berlin-Charlottenburg, Bolivarallee 22
Herrmann, Johann, Obering.	Berlin-Siemensstadt, Harriestr. 1
Hertwig, Erich, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Frankfurt, Falkensteinerstr. 10
Herzer, Georg, Oberpostrat	München, Telegraphenamt, Bahnhofspl. 1
Hesterberg, W., Dir., Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Kassel-Wilhelmshöhe, Uhlenhorststr. 15 1/2
Heuer, Heinz, Dipl.-Ing., Oberpostrat	Hannover, Fritz-Beindorff-Allee 9
Heuvel van den, Erich, Ing.	Detmold, Alter Postweg 40
Heydrich, Erich, Ing.	Hannover, Koblenzer Str. 5
Heyer, Heinz, Obering.	Hamburg 39, Olsdorfer Str. 50
Hilgendorff, Hans-Joachim, Physiker	Leverkusen-Schlebusch, Saarlautener Str. 10
Hillebrand, Franz, Dr.-Ing.	Berlin N 31, Brunnenstr. 107a
Hillebrenner, Willi, Direktor <i>mit Frau und Tochter</i>	Husum/Schleswig, Zingel 2
Himmler, Johann, Obering. <i>und Frau</i>	Hannover, Krausenstr. 27A
Hinten von, Erich, Techn. Angest.	Kiel, Gartenstr. 6
Hinze, Hans, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Hannover, Stresemannallee 8
Hirsch-Korosczyń von, Walter, Ing.	Hanau/M. Limesstr. 12
Hirschmann, Willy, Direktor	Hannover, Nachtigalstr. 9
Hobrecker, Adolf, Dr.-Obering.	Dortmund, Weißenburger Str. 70

Hochhäuser, Paul, Dr.-Ing.	Honnef/Rh., A.-v.-Humboldt-Str. 7
Hochrainer, Dr.	Wien, Volksgartenstr. 3—5
Hocke, Walter, Dipl.-Ing.	Wuppertal-Elberfeld, Eddastr. 28
Hocks, Kurt, Dipl.-Ing.	Aachen, Ludwigsallee 57
Hölterhoff, Albert, Obering.	Mannheim-Freudenheim, Körnerstr. 33
Hölzler, Erwin, Dr.-Ing.	München, Hofmannstr. 51
Höpper, Ing.	Hamburg, Gerhart-Hauptmann-Platz 48
Hörst, Hans, Obering.	Dortmund, 1. Kampstr. 31
Hötreiter, Joseph, El.-Ing.	Essen, Ahornstr. 19
Hoenig, Heinz, Ing.	Wittingen, Bahnhofstr. 33
Hoffmann, Erich, Dr.-Ing., Betriebsl. <i>und Frau</i>	Rhumspringe/Herzberg/Harz, Nr. 181
Hoffmann, Joachim, Dipl.-Ing.	Hamburg 21, Alter Teichweg 7—9
Hofmann, Werner, Betriebsleiter	Hanau/M., Birkenhainerstr. 55
Holm, Fritz <i>und Frau</i>	Berlin-Charlottenburg, Akazienallee 32
Holscher, Hans, Dipl.-Ing.	Bremen, Fedelhören 8
Holzwarth, Dr.	München, Siemens & Halske
Hootz, Herbert, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Duisberg, Geibelstr. 54
Horn, Willi, Ing.	Wennigsen/Deister, Im Hopfengarten 4
Horns, Ing.	Hamburg, Gerhart-Hauptmann-Platz 48
Horst, Adam, Dipl.-Ing.	Frankfurt/M., Karl-Albert-Str. 18
Horstmann, Heinrich, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Heiligenhaus, Isenbügel 2
Hosp, Leo, Obering.	Stuttgart, Lautenschlagstr. 21
Hosse, Gustav, Dipl.-Ing.	Berlin-Siemensstadt, Schuckertplatz 6
Hubell, Eugen, Dipl.-Ing.	Mülheim-Ruhr, Antoniusstr. 5
Hübner, Walter, Dr.-Ing.	Berlin NW 21, Dortmunder Str. 15
Hülck, Carl, Dipl.-Ing.	Wuppertal-Elberfeld, Uellendahlerstr. 353
Hueter, Ernst, Dr.-Ing., Professor	Darmstadt, Techn. Hochschule
Hulbauer, Walter, Dipl.-Ing.	Frankfurt/M., Weberstr. 52
Humburg, Karl, Dr.-Ing., Professor <i>mit Frau und Tochter</i>	Hannover, Techn. Hochschule

Hussels, Walter, Obering.
und Frau

Hutter, Helmut, Obering.

Happe, Heinz, Dipl.-Ing.
und Frau

Halbroth, Werner, Ing.

Herz, Ministerialdirigent

Hoesch, Walter, Dr.-Ing.

Hölck, Georg, Ing.

Happolt, H.

Hauteville von, T.

Henkes, Hans, El.-Ing.

Hahn, Friedrich, Dipl.-Ing.
und Frau

Hoffmann, Hermann, Dipl.-Ing.

Haarmann, Dipl.-Ing.

Haase, W., Ing.

Issendorff, Jürgen, v., Dr. Dipl.-Ing.

Jacken, Johannes, Obering.

Jacottet, Paul, Dr. Ing.

Jäger, Kurt, Obering.

Jaenke, Dr.

Jaeschke, Hans, Abteilungsleiter

Jenzsch, Arthur, Proj.-Ing.

Jeschke, Hans, Dipl.-Ing.

Joch, Joseph, Dipl.-Ing.
und Frau

Johannsen, Matthias, Ing.
und Frau

Jordan, Heinz, Dr.-Ing.
und Frau

Juckenack, Walter, Dipl.-Ing.

Jülfs, Heinz, El.-Ing.
und Frau

Hannover, Rumannstr. 26

Brauweiler, Bez. Köln, An der Bonnstr.

Hannover, Leisewitzstr. 13 C

Neumünster, Stadtwerke

Frankfurt/M., Bundespostministerium

Bielefeld, Schulstr. 15

Neumünster, Stadtwerke

Mannheim

Stuttgart

Kassel-Wilhelmshöhe, Brasselbergstr. 6

Hannover, Am Schatzkampe 14

Darmstadt, Am Herdweg 98

Hannover, Techn. Hochschule

Hannover, Städt. Betriebswerke

Warstade-Niederelbe/über Stade

Bielefeld, Diesterwegstr. 20

Frankfurt/M., Osthafenplatz 6

Wisseling bei Köln, Liebigstr. 18

Stuttgart, Fa. Mix & Genest

Köln, Spichernstr. 73

Berlin-Tempelhof, Borussiastr. 34 b

Hamburg 13, Jungfrauenthal 26

Menden/Sauerland, Wannebach 1

Hamburg-Harburg, Kroosweg 33

Kirchheim-Teek, Kребenstr. 12

Essen-Steele, Alt-Steeler Str. 18

Husum, Gaswerkstr. 2

Jürgens, Hermann, Dipl.-Ing., Direktor	Offenbach, Goethering 29
Jürß, Friedrich, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Frankfurt/M., Reinganumstr. 12
Just, Ulrich, Dipl.-Ing.	Frankfurt/M., Osthafenplatz 16
Jordan, H.,	Berlin
K aden, Heinrich, Dr. Phys.	München, Hofmannstr. 51
Kachne, Rudolf, Dipl.-Ing.	Stuttgart, Mörikestr. 11
Kaerger, Gerhard, Phys.	Erlangen, Rich.-Strauß-Str. 37
Kaiser, Helmut, Dipl.-Ing.	Erlangen, Damaschkestr. 59
Kaiser, Hermann, Obering. <i>und Frau</i>	Hannover, Hauffstr. 8
Kaldenhoff, August, Ing.	Nürnberg, Berkhausenstr. 30
Kalkner, Bernhard, Dr.-Ing. <i>und Frau</i>	Stuttgart-Cannstatt, Frankfurter Str. 32
Kallenbach, Karl-Heinz, Journalist	Hannover, Karl-Kraut-Str.
Kasperowski, Ottomar, Abtlgs.-Präsident	München 23, Lohmederstr. 19
Kassebeer, Heinrich, Staatl. Baurat	Dortmund, Calvinstr. 40
Kassel, Martin, Ing.	Berlin-Charlottenburg, Oldenburgallee 21
Kastenbein, Helmüt, Dipl.-Ing.	Wuppertal-Elberfeld, Varresbecker Str. 35
Kathrein, Anton, Ing. <i>und Frau</i>	Rosenheim/Obb., Luitpoldstr. 18—20
Katzschner, Max, Obering. <i>und Frau</i>	Bremen, Schwachh. Heerstr. 94
Kautzmann, Otto, Obering.	Karlsruhe, Hebelstr. 2
Kebbel, Werner, Dr. Phys.	Erlangen, Luitpoldstr. 45
Kegel, Kurt, Dipl.-Ing.	Berlin-Wilmersdorf, Nassauische Str. 27
Kelbe, Friedrich <i>und Frau</i>	Hameln, Wehlerweg 38
Keltsch, Erhard, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Hamburg 21, Schöne Aussicht 14
Kemner, Obering. <i>und Frau</i>	Hannover, Friedrichstr. 1
Kersten, Hans, Ing.	Hamburg, Klosterstieg 4
Keßler, Ruth, Sekretärin	Heidelberg, Pfaffengrund
Kiehne, Albert, Obering.	Essen, Kruppstr. 30

Kiel, Erich, Dipl.-Ing.	Haßlinghausen, Gevelsberger Str. 219 a
Kieser, Walter, Direktor und Frau	Köln-Mülheim, Düsseldorfer Str. 59
Kind, Herbert, Dipl.-Ing.	Berlin-Dahlem, Rudeloffweg 18
Kinkel, Hans, Dipl.-Ing.	Berlin N 31, Brunnenstr. 107 a
Kirch, Georg, Obering.	Berlin-Siemensstadt, Siemens-Schaltwerk
Kirchner, Otto, Ministerialdirektor	Königstein i. Taunus, Adelheidstr. 24
Kirsch, Ernst	Köln-Mülheim, Clevescher Ring 3
Klasen, Herrmann, Kaufmann	Wuppertal-Hahnerberg, Mühlenberg 60
Kleefeld, Hellmut, Dipl.-Ing.	Braunschweig, Stadtwerk, Abt. Elt-Werk
Klemm, Walter, Obering.	Frankfurt/M., Kettelerallee 61
Kemmena, Friedrich, Ing.	Hannover, Elisenstr. 42
Kliemann, Obering.	Köln, Techn. Überwachungsverein
Klingelhöller, Werner, El.-Ing. und Frau	Wuppertal-Wichl., Am Diek 23
Klinke, Kurt, Direktor und Frau	Bln.-Marienfeld, W.-v.-Siemens-Str. 44/45
Klinker, Bruno, Dipl.-Ing.	Bochum-Weitmar, Schloßstr. 119
Klöber, Wilhelm, Dipl.-Ing.	Mülheim-Speldorf, Duisburger Str. 172
Klöckner, Bernhard, Prokurist	Hamburg-Großflottbeck, Cranachstr. 10
Klostermann, Friedr.-Wilh., Dipl.-Ing., Direktor	Köln-Riehl, Am Botanischen Garten 45
Klütze, Ernst, Dipl.-Ing.	Ludwigshafen, Bad. Anilin- u. Sodafabrik
Kluge, Martin, Dr.-Ing., Direktor	Stuttgart-Zuffenhsn., Hellm.-Hirth-Str. 41
Knapp, Werner, Dipl.-Ing., Fabrikdir. und Frau	Lintorf, Bez. Düsseld., Breitscheiderweg 58
Kneisel, Adolf, Ing.	Kolbermoor b. Rosenh., Karolinenhöhe 20
Kniffler, Alfred, Oberreichsbahnrat und Frau	Hamburg-Altona, Museumstr. 39
Knöll, Herrmann, Dipl.-Ing.	Nürnberg, Elias-Hall-Str. 10
Knoll, Karl, Ing.	Duisburg, Kabelwerk
Knüttel, Ing.	Hamburg, Hamburger Elt-Werke
Kobold, Otto, Dipl.-Ing.	Kassel, Ludwig-Mohr-Str. 5
Kobus, Hans, Dipl.-Ing. und Frau	Hannover, Bischofsholer Damm 46

Koch, Enno, Dipl.-Ing.	Backnang/Württ., Gerberstr. 33
Koch, Franz, Direktor	Düsseldorf, Oststr. 10
Koch, Karl, Obering.	Essen, Metzendorfstr. 70
Koch, Rudolf, Ing. <i>und Frau</i>	Hannover, Grimmstr. 8
Kock, Wilhelm, Ing.	Kiel, Gartenstr. 6
Koehn, Otto, Dip.-Ing., Direktor	Frankfurt/M., AEG, Hochhaus Süd
König, Alfons, Ing.	Wuppertal-Barmen, Am Brögel 6
König, Siegfried, Ing.	Wuppertal-Elberfeld, Varresbecker Str. 145
Königs, Herrmann, Dr.-Ing.	Köln-Zollstock, Höningerweg 111/131
Köster, Heinrich, Dr. Phys.	Hamburg-Othmarschen, Borchlingweg 41
Kohrs, Erich, Obering.	Frankfurt/M., Unterweg 22
Kolloch, Franz, Dipl.-Ing.	Hameln, Bahnhofstr. 18
Koppany, Herbert, Dipl.-Ing.	München, Fliegenstr. 2
Koropp, Ministerialrat	Hannover, Oberpostdirektion
Kosteletzky, Walter, Ministerialdirektor	Wien, Bundesministerium für Handel und Wiederaufbau
Krämer, Werner, Dipl.-Ing.	Fröndenberg, Ostbürener Str. 21
Kraft, Emil, Obering.	Erlangen, Nürnberger Str. 80
Kramer, Herrmann, Dr.-Ing.	Saarbrücken, Am Realgymnasium 3
Krapp, Karl, Dipl.-Ing.	Ludwigshafen, Bad. Anilin- u. Sodafabr.
Krassowsky, Wolfgang, Dipl.-Ing.	Berlin-Grunewald, Taubertstr. 5
Kratz, Walter, Dipl.-Ing.	Hannover, Heinrich-Heine-Str. 27
Krause, Kurt, Dipl.-Ing.	Kassel, Lilienthalstr. 150
Krebs, Paul, Dr. Dr. Min.-Rat	Bonn, Poppelsdorfer Allee 40
Krechel, Paul, Dipl.-Ing.	Neustadt/Coburg, Kabel- u. Leitungswerk
Kreft, Helmut, Dr.-Ing.	Braunschweig, Riddagshäuser Weg 17
Kresse, Heinrich, Ing. <i>und Frau</i>	Hannover-Langenhagen, Gosewischstr. 12
Kretzschmar, Fritz, Betr.-Dir.	Brauweiler, Bez. Köln, An der Bonnstr. 10
Kreutzträger, Hans, Ing.	Hamburg 13, Harvestehuder Weg 7
Krienitz, Albrecht, Dr., Geschäftsführer	Frankfurt/M., Gaugravenstr.
Kröger, Wolf, Physiker	Erlangen, Chr.-Ernst-Str. 42

Krohe, Hansgünther, Ing.	Georgsmarienhütte bei Osnabrück
Kromrey, Max, Dipl.-Ing.	Berlin-Charlottenburg, Witzlebenstr. 38
Kron, August-Wilhelm, Ing.	Darmstadt, Techn. Hochschule
Krondörf, Paul, Ing.	Hamel, Ostertorwall 23 B
Kronenberg, Hans, Ing.	Wuppertal-Vohwinkel, Tescherstr. 15
Krschnak, Arthur, Dipl.-Ing., Obering.	Bottrop, Horsterstr. 531
Krüger, Ernst, Dipl.-Ing.	Hannover, Elisenstr. 64
Krüger, Dipl.-Ing.	Hannover, Städt. Betriebswerke
Krützfeld, Peter, Dipl.-Ing.	Ludwigshafen, Bad. Anilin- u. Sodafabr.
Künhdahl, Ernst, Direktor, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Bremen, Neuenlanderstr. 45
Kümpel, Friedrich, Dipl.-Ing.	Essen-Rellinghausen, Frankenstr. 184
Küpfmüller, Karl, Prof. Dr.-Ing., Techn. Direktor, <i>mit Frau u. Tochter</i>	Stuttgart, Hackländerstr. 19
Küper, Julius, Dipl.-Ing.	Essen, Kruppstr. 16
Kugler, G. A., Dipl.-Ing., Direktor	Belecke/Möhne, Külbe 8
Kuhlmann, Richard, Oberpostrat i. R.	Hamburg-Großflottbeck, Dürerstr. 9
Kuhn, Karl, Dipl.-Ing., Direktor	Geislingen-Steige, Parkstr. 7
Kulp, Paul-Gerhard, Ing.	Frankfurt/M., Waldschulstr. 15
Kummer, Hans, Obering.	Frankfurt/M., Corneliusstr. 8
Künath, Herbert, Dipl.-Ing.	Braunschweig, Bankplatz 8
Kunath, Hans, Dipl.-Ing.	Laupheim, Ulmer Str. 64
Kuntermann, Ing.	Hamburg, Hamb. Elt.-Werke
Kuntz, Heinz, Dr.	Berlin-Siemensstadt, Siemens-Schaltwerk
Kunz, Lothar, Ing.	Frankfurt/M., Heidestr. 129
Kunze, Friedrich, Dipl.-Ing.	Bielefeld, Diesterwegstr. 64
Kunze, Herrmann, Dr.-Ing.	Erlangen, Atzelsberger Steige 20
Kurth, Hans, Dipl.-Ing., Direktor	Berlin-Lichterfelde, Marienstr. 25
Kurtz, Ing.	Hamburg, Gerh.-Hauptmann-Platz 48
Kutter, Walter, Betriebsleiter <i>und Frau</i>	Bl.-Waidmannslust, Oraniendamm 67/72
Kaufmann	Berlin
Kloepfer, W.	Pforzheim

Kock, Friedrich, Dipl.-Ing.
und Frau

Krauß, Helmut, Dipl.-Ing.

Ahlten/Lehrte, Nr. 278

Rodenkirchen b. Köln, Friedr.-Ebert-Str. 21

Laackmann, Otto, Dipl.-Ing.

Lafrenz, Henry, Ziv.-Ing.

Lammenett, Bruno, Dipl.-Ing.

Lammerskitten, Max, Obering.

Lange, Herbert, Dr.-Ing.

Langrehr, Heinrich, Dipl.-Ing.
und Frau

Läpple, Johann, Obering.

Latacz, Jos., Dipl.-Ing.
und Frau

Lau, Hermann, Dr.-Ing.
und Frau

Laue, Gustav, Dipl.-Ing.
mit Frau und Tochter

Laun, Franz, Dipl.-Ing.
und Frau

Laurick, Heinz, Dr.-Ing., Generaldir.

Lauster, Franz, Dr., Generalsekretär
und Frau

Lebrecht, Ludwig, Prof. Dr.-Ing.

Lege, Karl, Postrat
und Frau

Lehmann, Georg

Lehmhaus, Friedrich, Dr.-Ing.

Leilich, Karl, Dipl.-Ing.

Lesch, Guntram, Prof. Dr.-Ing.

Leukert, Wilhelm, Dr., Direktor

v. Liebenstein, Gustav, Dipl.-Ing., Dir. Mannheim, Trifelstr. 8
und Frau

Linckh, Hans, Dipl.-Ing.

Lindhoff, Johannes, Dipl.-Ing.

Link, Herbert, Dipl.-Ing.

Frankfurt/M., Mainzer Landstr. 65

Kiel, Beselerallee 21

Rheinhausen, Gaterweg 22

Duisburg, Nörenweg 36

Berlin SW 61, Mehringdamm 32/34

Berlin-Nikolassee, Borussenstr. 19

Berlin-Siemensstadt, Siemens-Schaltwerk

Bln.-Waidmannslust, Oraniendamm 67/72

Hannover-Herrenh., Zellerfelder Allee 28

Hannover, Liebrechtstr. 23

Frankfurt/M., Kreutzerstr. 7

Hagen i. Westf., Hochstr. 73

Frankfurt/M., Osthafenplatz 6

Darmstadt, Am Elfengrund 50

Hannover, Rehbergstr. 7

Berlin

Essen-Rüttenscheid, Büscherstr. 8

Köln-Mülheim, Genovevstr. 78

Karlsruhe, Eisenlohrstr. 15

Bln.-Zehlendorf-West, Fischerhüttenstr. 90

Berlin-Grunewald, Hohenzollerndamm 89

Frankfurt/M., Myliusstr. 49

Hamburg 34, Im Ried 19


Lintzel, Herrmann, Dipl.-Ing.	Berlin-Siemensstadt, Quellenweg 54
Löbl, O., Prof. Dr.-Ing.	Essen, RWE-Hauptverwaltung
Loeser, Günter, Schriftleiter, Dr.	Essen, Rellinghauser Str. 53
Lommel, Curt, Dr.-Ing.	Uelzen, Ringstr. 51
Loser, Adolf, Dr. Dipl.-Ing.	Frankfurt/M., Stuttgarter Str. 18
Lotz, Paul, Obering.	Köln-Riehl, Amsterdamer Str. 192
Lucas, Werner C., Dipl.-Ing.	Mannheim, Mollstr. 32
Ludewski Joachim, Ing.	Berlin NW 87, Sickingenstr. 71
Ludendorff, G.-Harald, Ob.-Reichsb.-Rat	Kassel-B., Lossestr. 14
Lühr, Wilhelm, Dr.-Ing.	Köln/Rh., Wörthstr. 9°
Lührig, Heinrich, Obering.	Hamburg 24, Birkenau 43
Lutze, Otto, Oberbaurat	Berlin W 30, Nürnberger Str. 53—55
Lynen, Hans-Albrecht, Dipl.-Ing.	Stuttgart-N., Lautenschlagstr. 21
Lamm, Heinrich, Reisevertreter	Eschweiler, Kr. Aachen, Horermühle 1
Lehmkuhl, Heinrich, Betriebsleiter	Hambg.-Volksdorf, Heinr.-Goebel-Str. 34
Leithäuser, G., Prof. Dr.	Wattenscheid, Schützenstr. 71 a
Lemcke, G.	Berlin
Leukert, W.	Mannheim
Lager, Peter, Obering.	Erlangen
Ludewig, Dipl.-Ing.	Erlangen, Luitpoldstr. 3 1/2

M aaß, Erwin, Dipl.-Ing.	Frankfurt/M., Hanauer Landstr. 172
Mach, Stephan, Dipl.-Ing.	Neumünster, Nachtigallstr. 4
Mackh, Hansjörg, Baurat	Karlsruhe, Klosestr. 36
Mader, Wilhelm, Direktor, Dr.-Ing. <i>und Frau</i>	Rosstal b. Nürnberg, Haus Nr. 303
Maertens, Karl, Obering., Dr.	Erlangen, Spardorfer Str. 69
Mailandt, Hans-Peter, Dr.-Ing.	Hamburg 1, Ferdinandstr. 29
Maiwald, Franz, Betr.-Ing.	Berlin-Siemensstadt, Jungfernweg 1
Malen, Alfred, Dipl.-Ing.	Frankfurt/M., Gutleutstr. 31
Mattern, Alfred, O.P.R.	München, Romanstr. 78
v. Mangold, Walter, Dr.-Ing. Dir. <i>und Frau</i>	Erlangen, Hindenburgstr. 69

Mann, Franz-Josef, Dipl.-Chemiker, Dr.	Erlangen, Neumühle 4
Marderwald, Edgar, Ing.	Osnabrück, Langestr. 56
Markmiller, Georg, Dipl.-Ing.	M.-Gladbach, Rubensstr. 37 a
Martin, Gerhard, Dr. phil.	Nürnberg, Holzgartenstr. 7
Marquard, Georg, Obering.	Mannheim-Freudenheim, Schwanenstr. 37
Marquard, Günther, Dipl.-Ing.	Hagen/Westf., Hochstr. 73
Martens, Heinz, Dipl.-Ing.	Biberach a. d. Riß, Keplerstr. 8
Martinson, Werner, Obering.	Erlangen, Pfälzer Str. 27
Martyrer, Egon, Prof. Dr.-Ing.	Hannover, Techn. Hochschule
Marx, Erwin, Prof. Dr.-Ing.	Braunschweig, Am Hohen Felde 7
Mast, Ing.	Hannover, Friedrichstr. 1
Mattejat, Paul, Ing.	Frankfurt/M., Mainzer Landstr. 136
Matthias, Adolf, Prof.	Berlin-Charlottenburg, Schloßstr. 67 a
Maurer, Peter, Dipl.-Ing.	Karlsruhe, Philippstr. 20
May, Wolfgang, Dipl.-Ing.	Groß-Burgwedel über Hannover
Mayr, Alois, Dipl.-Ing.	Erlangen, Glückstr. 4
Mayr, Otto, Dipl.-Ing.	Datteln i. Westf., Lloydstr. 1
Meckelburg, Gerhard, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Wiershausen über Hann.-Münden
Mehlhorn, Hans, Dr.-Ing.	Berlin-Charlottenburg, Reichsstr. 27
Mehlis, Direktor	Stuttgart-Zuffenh., Helm.-Hirth-Str. 41
Menge, Ludwig	Essen, Richard-Wagner-Str. 16
Meiners, Gustav, Dir., Dipl.-Ing.	Bln.-Charlottenb., Marienburger Allee 13
Meincke, Wilhelm, El.-Ing.	Bremerhaven-F., Hoebelstr. 1
Meister, Rudolf, Dr.-Ing.	Hamburg 1, Gerh.-Hauptmann-Platz 48
Mengemann, Gustav, Ing. <i>und Frau</i>	Hannover, Gabelsbergerstr. 6 A
Mertlich, Karl, Physiker	Köln-Sülz, Rankestr. 9
Merz, Louis, Privatdozent Dr.	Karlsruhe-Knielingen, Grenzweg 5
Meschede, Hans, Obering.	Dortmund, 1. Kampstr. 31
Mestermann, Dipl.-Ing., Obering.	Hannover, Elt-Werk
Metze, Wilhelm, Dipl.-Ing.	Heidelberg, Gutenbergstr. 7
Metzger, Friedrich, Obering.	Nordenham, Helgoländer Damm 15

Meyer, Friedrich, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Hannover, Wunstorfer Str. 58
Meyer, Gustav, Direktor	Wuppert.-Elberfeld Uellendahler Str. 378
Meyer, Hans, Obering.	München, Blumenburgstr. 6
Meyer, Karl, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Hannover-Waldhausen, Kärntner Platz 1
Meyer, Kurt, Obering. <i>und Frau</i>	Hannover, Karl-Peters-Platz 16
Meyer, Obering. <i>und Frau</i>	Hannover, Friedrichstr. 1
Meyer, Otto, Dipl.-Ing.	Wetter-Ruhr, Ruhrstr. 8
Meyer, Robert, Obering.	Essen-Rellinghausen, Goldfinkstr. 27
Meyer, Wilhelm, Dr.-Ing.	Hannover, Georgstr. 31/32
Meyer-Strüvy, Dipl.-Ing.	Koblenz
Michaels, Frobert, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Frankfurt/M., Hanauer Landstr. 136
Michel, Otto, Abt.-Präsident	München, Agnes-Bernauer-Str. 34
Michelis, Theodor, Obering. <i>und Frau</i>	Wuppertal-Elberfeld, Neumarkstr. 52
Mikeska, Hans, Obering.	Erlangen, Richard-Strauß-Str. 9
Mikolik, Georg-E., Dr.-Ing.	Wuppertal-Elberfeld, Uellendahler Str. 353
Minuth, Karl, Dipl.-Ing.	Erlangen, Sieboldstr.
Mirschinka, Herbert, Dipl.-Ing.	Essen, Rellinghauser Str. 53
Missel, Theo, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Erlangen, Am Röthelheim 47
Moeller, Franz, Prof. Dr.-Ing. <i>und Frau</i>	Braunschweig, Pestalozzistr. 4
Möller, Julius, Dr.-Ing.	Heidelberg-Pfaffengrund
Mölter, Hugo, Dipl.-Ing.	Vöhringen/Schw., Wielandstr. 38
Moench, Friedrich, Oberpostrat, Dr.	Berlin-Lankwitz, Brotteroderstr. 19
Mohr, Otto, Prof. Dr.-Ing. <i>und Frau</i>	Berlin-Frohnau, Ludolfinger Weg 59
Moldenhauer, Friedrich, Dr.-Ing. <i>und Frau</i>	Essen, Jennerstr. 6
Morawietz, Herbert, Ing.	Bergzabern, Zeppelinstr.
Moritz, Walter, Obering.	Bochum, Graf-Engelbert-Str. 30
Moser, Herbert, Dr.-Ing. Direktor	Bln.-Marienf., W.-v.-Siemens-Str. 44/45

Moser, Herbert, Dipl.-Ing.	Karlsruhe/Baden
Müller, Senator, Stadtrat	Hannover, Bödekerstr. 19
Müller, Hans-Karl, Physiker, Dr.	Köln-Mülheim, Schanzenstr.
Müller, Hans, Dr.-Ing. <i>und Frau</i>	Bln.-Nikolassee, Krottnaurerstr. 22 a
Müller, Harald, Prof. Dr.-Ing.	Essen-Haarzopf, Beekmannstr. 8
Müller, Heinz, Dipl.-Ing. Direktor	Kaiserslautern, Mannheimer Str. 152
Müller, Heinz, Dipl.-Ing.	Essen-West, Rankestr. 26
Müller, Ludwig, Dipl.-Ing. Direktor	Kassel-W. Hunrodstr. 5
Müller, Willy, Direktor <i>und Frau</i>	Dortmund, Weißenburger Str. 70
Müller-Guntrum, Ing.	Hamburg, H. E. W., Gerh.-Hauptmann- Platz 48
Müller-Hanpft, Hans, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Aachen, Salier-Allee 31
Müthlein, Erwin, Direktor <i>und Frau</i>	Düsseldorf, Rembrandtstr. 35
Muth, Ing.	Hamburg, H. E. W., Gerh.-Hauptmann- Platz 48
Muthig, Januarius, Dr.-Ing.	Krefeld, Bismarckstr. 55
Muscheid, Hans-Joachim, Dipl.-Ing.	Essen, Kruppstr. 16
Meinke, Hans, Prof. Dr.-Ing. <i>und Frau</i>	Pöcking/Obb., Nr. 61 1/6
Masukowitz, H., Dipl.-Ing.	Frankfurt/M.,
Meyer, Karl, Dipl.-Ing.	Hannover, Marienstr. 20
Moldenhauer	Berlin
Müller, H., Prof. Dr.-Ing.	Langenberg
Möller, Karl, El.-Ing.	Gehrden b. Hannover, Bahnhofstr. 9
Meyer, Konrad, Dipl.-Ing.	Rendsburg, Itzehoer Chaussee 37
N acher, Reinhard, Dr., Betriebsleiter	Hamburg 28, Pachersweide 37
Neubauer, Oskar, Ing.	W.-Ronsdorf, Lohsiepenstr. 89
Neuenhofer, Karl, Dr.-Ing.	Mannheim, Suckowstr. 4
Neumann, Herbert, Fabrikant <i>mit Frau, Tochter u. Sohn</i>	Bln.-Charlottenb., Spandauer Str. 10 a
Neuschäfer, Paul, Ing.	Rheinhausen, Güntherstr. 53

Niehaus, Direktor <i>und Frau</i>	Hannover, Friedrichstr. 1
Nimsch, Günther, Prokurist, Dr.-Ing.	Bremen, Donandstr. 47
Nippold, Max, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Frankfurt/M., Wolfgangstr. 24
Nöldeke, Wilhelm, Ing.	Göttingen, Klopstockstr. 10
Nöldge, Hellmut, Dr., Physiker	Hamburg 13, Oberstr. 40
Nölke, Otto, Dr.-Ing. <i>und Frau</i>	Essen, Flemingweg 5
Nolte, Friedrich, Dipl.-Ing.	Frankfurt/M., Baseler Str. 27
Nolte, Ludwig, Dr.-Ing., Fabrikdirektor	Kassel, Malsburgstr. 6
Nolte, Wilhelm, Direktor	Celle, Fuhsestr. 32
Nowack, Felix, Postrat, Dipl.-Ing.	Nürnberg, Lützowstr. 3
Nunne, Heinz, Techn. T. I.	Hannover, O. P. D.
Nestel, W.	Hamburg
Nowak	Hannover
 ehlen, Paul, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Nürnberg, Allersberger Str. 185
Oberdorfer, Professor	Graz, Techn. Hochschule
Oerding, Rudolf, Ing. <i>und Frau</i>	Hamburg 13, Isestr. 83
Ogurkowski, Karl, Dipl.-Ing.	Frankfurt/M., Baseler Str. 27
Ogurkowski, G., Dipl.-Ing.	Zug/Schweiz, Schönbühl
Ohliger, Karl, Dr.-Ing., Direktor i. R. <i>und Frau</i>	Hannover, Fraunhoferstr. 3
Ohmstede, Franz, Regierungsbaumeister	Berlin-Siemensstadt, Schuckertdamm 346
Orschel, Hans, Obering.	Münster/Westf., Gertrudenstr. 42
Orthen, Josef, Prüffeldtechn.	Küdinghoven ü. Beuel, Kirchstr. 3
Osterburg, Rudolf, Ing.	Hamburg 13, Harvestehuder Weg 7
Ostermann, Willy, Ing.	Hamburg 11, Rödingsmark 32
Otten, Friedrich, Obering.	Erlangen, Richard-Strauß-Str. 11
Otzen, Peter, Direktor <i>und Frau</i>	Essen, Wallotstr. 23

Paarmann, Ewald, Ing.
Paravicini, Erich, Dipl.-Ing.
Pätzold, Ernst, Dipl.-Ing.
und Frau
Parschalk, Fritz, Obering.
Paschvoß, Fritz, Dipl.-Ing.
Paßmann, Bernd, Dr., Prokurist
Perkhammer, Josef, Obering.
und Frau
Peters, Albert, Ministerialrat
und Frau
Peters, Johannes, Obering.
mit Frau und Tochter
Pfeffer, Erich, Obering.
Pfeiffer, Adolf, Dipl.-Ing.
Pieth, Alfred, Ing.
Pilz, Gerhard, Dr., Lab.-Ing.
Pipke, Günter
Pistor, Ernst, Obering.
und Frau
Pleiderer, Friedrich, Dr.-Ing.
Plenius, Wilhelm, Obering.
Pleüger, Gustav, Dr., Chefphys.
Plietzsch, Ernst, Obering.
und Frau
Plinke, Erwin, Dipl.-Ing.
und Frau
Pogrzeba, Dipl.-Ing.
Pohl, Karl, Ing.
Polek, Dr.
Pohlmann, Heinrich, Dipl.-Ing.
Popp, Arthur, Ing.
und Frau
Poßner, Otto, Dr.-Ing.
Presser, Eugen, Ing.
und Frau

Hamburg-Rahlstedt, Scharbeutzer Str. 77
Osterode/Harz, Eichental 1
Frankfurt/M., Am Hauptbahnhof 12
Heidelberg, Leimengrube 11
Kettwig/Ruhr, Thiemannstr. 13
Essen, Elsaßstr. 1
Nürnberg, Schafhofstr. 35
Rosenheim/Obb., Luitpoldstr. 3
Hamburg 13, Harvestehuder Weg 7
Wuppertal, Uellendahler Str. 353
Neumünster, Theodor-Storm-Str. 15
Hannover, Hackethal
Nürnberg, Tillystr. 44
Hannover, NWDR
Erlangen, Sieboldstr.
München, Hofmannstr. 51
Erlangen, Löwenichstr. 37
Duisburg, Am Mühlenberg 19
Essen, Wandastr. 12
Hannover, Scharnhorststr. 7
Hannover, Göttinger Chaussee 76
Hannover, Plathnerstr. 2
Karlsruhe, Ruschgraben 105
Hagen i. Westf., Hochstr. 73
Wuppertal, Vonkeln 30
Frankfurt/M., Kreuzerstr. 7
Hannover, Posthornstr. 24

Priesmeyer, Rudolf, Obering.

Pütz, Hubert, Direktor

Pungs, Leo, Dr.-Ing., Prof.

Peternickl, Franz, Dipl.-Ing.

Picker, Ing.

Pilger, Dipl.-Ing.

Prokott, Dr.-Ing., Postrat

Quante, Hermann, Fabrikbesitzer

Quanz, Georg, Dipl.-Ing.

de Quervain

Rabe, Heinz, Dipl.-Ing.

Rabe, Dr.

Rachel, Alfred, Prof., Vorstand

Raffelt, Josef, Ing.

Rahmann, Hans, Dipl.-Ing.

Ramm, Hans, Dipl.-Ing.

Rasch, Erich, Dipl.-Ing., Direktor

Rau, Willy, Betr.-Ing.

Raupach, Friedrich, Obering.
und Frau

Rayhrer, Gerhart, Dr., Direktor

Reiche, Willi, Dr.-Ing.
und Frau

Reichel, Paul, Direktor
und Frau

Reinhardt, Gustav, Dr.

Reisner, Heinrich, Dipl.-Ing.

Remde, Friedrich, Dipl.-Ing.

Rengier, Heinrich, Dr., Baurat

Renker, Hans, Dipl.-Ing.
und Frau

Renz, Alfred, Dipl.-Ing.

Hameln, Bahnhofstr. 18

Stuttgart, Wernhaldenstr. 15

Braunschweig, Techn. Hochschule

Kassel, Lilienthalstr. 150

Hannover

Hannover

Braunschweig, O. P. D.

Wuppert.-Elberfeld, Uellendahler Str. 353

Bochum, Lessingstr. 11

Mannheim

Wetter/Hessen, Klosterberg 8

Bln.-Grunewald, Hohenzollerndamm 150

Stuttgart, Mix & Genest

Hamburg, Gerh.-Hauptmann-Platz 48

Heidelberg, Moltkestr. 22

Braunschweig, Bankplatz 8

Braunschweig, Pestalozzistr. 6

Marburg/Lahn

Bamberg, Amalienstr. 7

Stuttgart, Lautenschlagerstr. 21

Köln, Alteburgerstr. 79

Hamburg 1, Gerh.-Hauptmann-Pl. 40

Mülheim-Ruhr, Schneisberg 24

Essen, Holunderweg 11

Ratingen, Neanderstr. 1

W.-Barmen, Schönebecker Str. 40

Mülheim/Ruhr, Witthausstr. 24

Dortmund, Märkische Str. 133

Renz, Erwin, Dipl.-Ing.	Ohringen, Energievers. Schwaben AG.
Reverey, Gerhard, Dipl.-Ing.	Ruit über Eßlingen
Reuschenbach, Georg, Physiker	Köln-Höhenhaus, Quickbornweg 3
Richartz, Walter, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Hannover, Grazer Str. 17
Richter, Joachim, Physiker,	Erlangen, Schuhstr. 27
Rimkus, Hans, Dr., Obering.	Blm.-Wilmersdorf, Nassauische Str. 21
Rindfleisch, Hans, Dr., Obering.	Hamburg 39, Alsterdorfer Str. 183
Rißmüller, Franz, Techn. Vorst.	Berlin-Grunewald, Hagenstr. 49
Ritter, Walter, Dipl.-Ing.	Essen, Kruppstr. 30
Rode, Erich	Hannover, Deutsche Grammophon
Rode, Gerhard, Dipl.-Ing.	Hagen i. Westf., Hochstr. 73
Roderburg, Clemens, Dipl.-Ing.	Duisb.-Hamborn, Kaiser-Wilh.-Str. 120
Rodewald, Erwin, Dr., Obering.	Berlin-Siemensstadt, Harriesstr. 5
Röhr, Walter, Obering.	Karlsruhe, Battstr. 3
Röhricht, Walter, Dipl.-Ing.	Blm.-Siemensstadt, SSW Kabelw. Gartenf.
Roeßler, Erwin, Dr.-Ing.	Berlin-Dahlem, Eppinger Str. 22
Rößner, Joh., Obering. <i>und Frau</i>	Hannover, Gleidinger Str. 14
Röver, Wilhelm, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Kiel, Niemannsweg 96
Rolli, Wendel, Dipl.-Ing.	Stuttgart, Steinenbronner Str. 17
Rollewitz, Albert, Ing.	Köln, Ewaldistr. 4
Rosolleck, Walther, Obering.	Stuttgart, Waldstr. 48
Roßberg, Hans, Dipl.-Ing.	Gevelsberg/Westf., Schulstr. 4
Rotermund, Hans, Obering.	Hannover, Rehbergstr. 2
Roth, Rudolf, Oberbaurat	Stuttgart, Lautenschlagerstr. 21
Rothert, Gerhard, Dr., Prof.	Berlin-Siemensstadt, Harriesstr. 13
Rück, Friedrich, Ing.	Wuppert.-Elberfeld, Uellendahler Str. 353
Rühlemann, Erich, Dr., Dipl.-Ing.	Heidelberg, Pfaffengrund
Runge, Willy, Ing.	Gelsenkirchen, Parallelstr. 12
Runge, Wilhelm Dr., Abt.-Dir.	Berlin SW 61, Mehringdamm 32—34
Rupp, Helmut, Dr., Techn. Dir.	Stuttgart, Neckarstr. 145

Rademacher, H.

Reiske, K.

Rothe, H.

Radke, Dr.-Ing.

Rathge, Dipl.-Ing.

Rohrlach, Martin, Dr.-Ing.

Reske, Wilhelm, Dr.-Ing.
und Frau

Saacke, Hermann, Dipl.-Ing.

Saeufferer, Hermann, Dipl.-Ing.

Sailer, Karl, Dipl.-Ing.

Salfeld, Ernst, Dipl.-Ing., Direktor

Sander, Otto, Obering.
und Frau

Sang, Heinrich, Dipl.-Ing.

Sardemann, Fritz, Dipl.-Ing.

Saß, Joh., Ing.

Sauter, Karl, Ing.

Seeliger, Gerhard, Ing.

Seethaler, Karl, Obering.

Seiberth, Hans, Dr., Physiker

Seibert, Richard, Dipl.-Ing.

Seidler, Otto, Dipl.-Ing.
und Frau

Seuser, Karl, Obering.

Seyler, Otto, Dipl.-Ing.

Siebenkittel, Ing.

Siemens, Alfred, Dr., Fabrikdirektor

Simons, Franz, Dipl.-Ing.

Skjöde, Iver, Ziv.-Ing.

Skodda, Marianne, Sekretärin

Sorge, Joachim, Dr.-Ing.
und Frau

Essen

Erlangen

Ulm

Hannover, Techn. Hochschule

Hannover, Georgstr. 34

Hannover, An der Lister Kirche 1

Kronshagen ü. Kiel, Villenweg 12

Frankfurt/M., Frh.-v.-Stein-Str. 14

Biberbach, Wielandstr. 29

Braunschweig, Wilhelmstr. 68

Hannover, Liebrechtstr. 54

Gehrden ü. Hannover, verl. Waldstr.

Frankfurt/M., Bockenheimer Landstr. 109

Berlin-Charlottenburg, Schillerstr. 73

Freiburg i. Br., Reiterstr. 17

Hannover, Peter-Köster-Str. 6

Erlangen, Richard-Strauß-Str. 21

Ludwigshafen

Essen, Kettwiger Str. 42

Hannover, Heinrich-Heine-Str. 14

Kassel, Wilhelmshöher Weg 97

Gräfelfing b. München, Akilindastr. 46

Hamburg 1, Gerh.-Hauptmann-Pl. 48

Erlangen, Grazer Str. 14

Mannheim, Hornbergstr. 12

Helmstedt, Hermann-Stöber-Str. 21

Frankfurt/M., Osthafenplatz 6

Berlin-Siemensstadt, Rieppelstr. 1

Soßna, Richard, Dipl.-Ing.

Spalteholz, Alfred, Ing.

Spennemann, Ludwig, Direktor
und Frau

Spieker, Karlheinz, Journalist

Summerer, Erwin, Dipl.-Ing.

Sorgenicht, W.

Sieber, Hans, Direktor

Speldrich, Franz, Ing.
und Frau

Siebeck, Alois, Dipl.-Ing.
und Frau

Sennheiser, Dr.-Ing.

Nürnberg, Prinzregentenufer 5

Hannover, Podbielskistr. 112

Hattingen/Ruhr

Hannover, Große Barlinge 1

Berlin NW 87, Helmholtzstr. 4—8

Langenberg

Kassel, Wilhelmshöher Allee 2

Hannover-Linden, Deisterstr. 32

Ratingen bei Düsseldorf, Kaiserswerther
Straße 4b

Hann.-Westerfeld, Im Buchholzfelde 13

Schachtner, Heinrich, Obering.

Schack, Wilhelm, Obering.

Schaefer, Carl, Ing.
und Frau

Schäfer, Emil, Dipl.-Ing.

Schäfer, Wilhelm, Dr., Fabrikdirektor

Schäffer, Hans, Dr.-Ing.

Scharf, Erich, Oberpostrat

Scharll, Rudolf, Obering.
und Frau

Scharsig, Ing.

Schaub, Sebastian, Ing.

Schaudinn, Kurt, Dr.-Ing.

Scheffler, Ernst, Dipl.-Ing.
und Frau

Scheibe, Adolf, Dr., Geschäftsführender
Präsident

Scheible, Karl, Dipl.-Ing.

Scheller, Hugo, Ing.

Schelenz, Josef, Dipl.-Ing.

Schering, Harald, Dr. phil., Prof.

Heidelberg, Pfaffengrund

Frankfurt/M., Guiollettstr. 48

Hannover, Brandestr. 14

Berlin-Spandau, Papenberger Weg 2

Stuttgart, Deckerstr. 5

Braunschweig, Richterstr. 25

Hannover, Oberpostdirektion

Essen, Gehrberg 58

Hamburg, Gerh.-Hauptmann-Pl. 48

Köln-Mülheim, Berg.-Gladbacher Str. 111

Wunsiedel, Koppetentorstr. 12

Hannover, Helenenhof 3

Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Braunschweig

Frankfurt/M., Savignystr. 42

Kassel, Emmerichstr. 17

Hamburg-Harburg, Buxtehuder Str. 12

Hannover, Blumenhagenstr. 9

Scheven, Otto, Dipl.-Ing., Direktor <i>und Frau</i>	Northeim
Schiffner, Erich, Dipl.-Ing.	Essen, Am Mühlenbach 14
Schiller, Paul, Ing. <i>und Frau</i>	Hannover, Brabeckstr. 21
Schilling, Karl, Obering.	Heidelberg, Pfaffengrund
Schinnagel, Lorenz, Dipl.-Ing.	Selb/Bayern, Friedrichstr. 2
Schlechter, Hermann, Dipl.-Ing.	Wetzlar, Gr. Promenade 1 a
Schlechtweg, Werner, Geschäftsführer	Nürnberg, Vorjurastr. 50
Schlett, Werner, Ing.	Hamburg, Gerh.-Hauptmann-Pl. 48
Schloms, Johann, Dipl.-Ing.	Gladbeck i. W., Rentforter Str. 176
Schlotterbeck, Karl, Baurat	Stuttgart, Rotebühlstr. 43
Schüpbach, Rudolf, Dr.-Ing. <i>und Frau</i>	Baden/Schweiz, Felsenstr. 2
Schlump, Karl, Obering.	Nürnberg, Volbehrstr. 12
Schmatjko, Boris, Dipl.-Ing.	Kassel, Lilienthalstr. 150
Schmerda, Helmut, Dipl.-Ing.	Neumünster, Stadtwerke
Schmid, Kurt, Dipl.-Ing.	Pforzheim, Yorkstr. 2
Schmidt, Arno, Patentanwalt, Dr. <i>und Frau</i>	Bln.-Charlottenburg, Württembergallee 8
Schmidt, Cäsar, Dipl.-Ing., Schriftleiter	Düsseldorf, Prinz-Georg-Str. 77
Schmidt, Josef, Betriebsleiter	Wuppertal, Blaffertsberg 35
Schmidt	Stuttgart, Mix & Genest
Schmidt, Kurt, Dr.-Ing.	Stuttgart, Böhmstr. 2
Schmidt, Rolf, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Nürnberg, Günterstr. 49
Schmidt, Rudolf, Dr., Physiker	Berlin-Kohlhasenbrück/Post Wannsee, Königsweg 322
Schmid, Wilhelm, Dipl.-Ing.	Berlin-Steglitz, Muthesiusstr. 14
Schmiedel, Karl, Dr.-Ing.	Nürnberg, Am Maxfeld 93 a
Schmiedel, Elisabeth, Architektin	Nürnberg, Am Maxfeld 93 a
Schmieder, Rud., Dipl.-Ing., Oberpostrat	Bremen, Friedrich-Karl-Str. 55
Schmitter, Wilhelm, Obering.	Osnabrück, Bergstr. 19
Schmitz, Hans, Geschäftsführer <i>und Frau</i>	Frankfurt/M., Am Hauptbahnhof 12.

Schmitz, Ludwig, Dr., Techn. Dir.	Ratingen, Freiligrathstr. 12
Schnecke, Erich, Dr.	Bln.-Siemensstadt, Siemens-Schaltwerk
Schneekloth, Joachim, Dipl.-Ing.	Wiesloch/Baden, Hauptstr. 150
Schneider, Hans, Dipl.-Ing., Direktor	Dortmund, Hueckstr. 16
Schneider, Karl, Ing. <i>und Frau</i>	München, Pettenkoferstr. 17
Schilling, W.	Wolfenbüttel
Scharr, Thea	Hannover-Ricklingen, Gesmannstr. 16
Schneider, Oskar, Dr.-Ing.	Stuttgart, Ludwigstr. 114
Schneider, Philipp, Fabrikdirektor <i>und Frau</i>	Köln-Mülheim, Düsseldorfer Str. 44
Schnieder, Walter, Dr.-Ing.	Bonn, Dransdorfer Weg
Schneider, Willy, Baurat	Stuttgart, Lautenschlagerstr. 21
Schnepf, Otto, Dipl.-Ing.	Rheinhausen, Villenstr. 1
Schön, Hans, Dipl.-Ing.	Wiesbaden, Neugasse 8
Schönauer, Harry, Ing.	Neumünster, Warmsdorfer Str. 36
Schönfeld, H., Dr.-Ing., Prof.	Hannover
Scholz, W., Dr., Oberpostrat	Darmstadt
Schott, Paul, Oberbaurat	Stuttgart, Lautenschlagerstr. 21
Schramme, Julius, Dipl.-Ing. <i>mit Frau und Tochter</i>	Detmold, Elisabethstr. 61
Schramme, Obering.	
Schrobenhauser, Josef, Obering.	Berlin-Siemensstadt, Rohrdamm 53
Schröder, Rudolf, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Ahlten Nr. 270 über Hannover
Schroers, Hans, Obering. <i>und Frau</i>	Hannover, Bischofsholer Damm 70
Schröter, Otto, Dipl.-Ing.	Techn. Überw.-Verein Köln, Dienststelle Düsseldorf, Rosenstr. 47
Schulz-Hohenhaus, Erich, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Bln.-Tempelhof, Blumenthalstr. 15
Schulz, Reinh., Dipl.-Ing.	Backnang, Gerberstr. 33
Schultze, Otto, Dr.	Düsseldorf, Prinz-Georg-Str. 77
Schulze, Walter, Ing.	Berlin-Spandau, An der Kappe 122
Schunk, Wilhelm, Dipl.-Ing., Direktor <i>und Frau</i>	Kassel, Roonstr. 53

Schwarz, Karl, Ing.	Frankfurt/M., Altkönigstr. 4.
Schwarz, Karl, Dipl.-Ing.	Herford i. W., Lübbertorwall 5
Schwedes, Ernst, Dipl.-Ing.	Wetzlar
Schweichel, Hans-Arthur, Masch.-Dir.	Peine, Hüttenwerke Ilsede-Peine
Schwenkhagen, Hans F., Dr.-Ing., Prof. <i>und Frau</i>	Wuppertal-Vohwinkel, Rubensstr. 4
Schwick, Walter, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Gehrden b. Hannover, Franzburger Str.
Schwindt, Paul, Obering.	Mülheim-Ruhr, Hochfelderstr. 51
Schöning, cand. el.	Hannover
Schulz, Reinhard, Dipl.-Ing.	Backnang/Württ., Fichtestr.
Schmidt, Dipl.-Ing.	
Schneider <i>und Frau</i>	München, Schillerstr. 19

St aack, Hans, Dipl.-Ing., Dr.	Hamburg, Gerh.-Hauptmann-Pl. 48
Stabe, Heinrich, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Frankfurt/M., Am eisernen Schlag 46
Stadahl, Kurt, Dipl.-Ing.	Frankfurt/M., Flensburger Str. 7
Stange, Wilhelm, Dipl.-Ing.	Hamburg-Bahrenfeld, Nikischstr. 22
Steckmeister, Hans, Direktor <i>und Frau</i>	Elmshorn, Stadtwerke
Steffen, Kurt, Ing.	Berlin NW 87, Sickingenstr. 71
Steffen, Walter, Ing. <i>und Frau</i>	Hannover, Hauffstr. 10
Stein, Hermann, El.-Kaufmann <i>und Frau</i>	Hannover, Tiefenriede 15
Stein, Joachim, Dipl.-Ing.	Stuttgart-O, Schellbergstr. 19
Stein, Wilfried, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Köln-Mülheim, Adamstr. 68
Stein, Walter, Dipl.-Ing.	Wetter/Ruhr, Hochstr. 19 a
Steinbach, Wilfried, Dr.-Ing.	Bln.-Schmargendorf, Heiligendammer- straße 16
Steinmann, Heinrich, Dr.-Ing. <i>und Frau</i>	Troisdorf, Am Hofweiher 24
Stenzel, Johann, Ing.	Hannover, Tiergartenstr. 132

Stepp, Wilhelm, Dr.-Ing.
Stepper, Max, Obering.
Steuernagel, Paul, Dipl.-Ing.
Stiebel, Theo, Dipl.-Ing., Dr.
Stiegahn, Walter, Dipl.-Ing.
Stiegler, Albert, Direktor
Stiegler, Friedrich, Dr., Direktor
und Frau
Stier, Friedrich, Prof.
Stoll, Erwin, Oberbaurat
Stormanns, Albert, Obering.
Stähr, Walter, Physiker
Straubel, Curt, Obering.
Strigel, Robert, Dr., Obering.
Stroh, Werner, Dr., Phys.
und Frau
Stühlen, Hans, Obering.
Sturm, Carl-Heinz, Dr.-Ing.
Sturm, Gottfried, Dr., Phys.
Straßburger, Karl, Ing.

Tag, Paul, Oberbaurat
Tamm, Rudolf, Dr.-Ing.
Telg, Walter, Dipl.-Ing.
und Frau
Terberger, Ulrich, Dipl.-Ing.
Teske, Karl, Dipl.-Ing.
Thaegel, Oskar, Obering.
Trawnik, Fritz, Dipl.-Ing.
und Frau
Thal, Gustav
Thal, W.
Thelemann, Werner, Dipl.-Ing.
und Frau

Hamburg, Brahmsallee 13
Hamburg 39, Winterhuder Kai 14
Frankfurt/M., Elkenbachstr. 20
Holzminden, Lühtringer Weg 22
Braunschweig, Stadtwerke Abt. Elt-Werk
Dachau/Obb., Bayernstr. 2
Dortmund, Wiesnerstr. 5

Karlsruhe, Techn. Hochschule
Stuttgart, Lautenschlagerstr. 21
Essen, Schinkelstr. 5
Berlin-Siemensstadt, Geißlerpfad 11
Berlin-Charlottenburg, Schlüterstr. 30
Nürnberg, Treitschkestr. 19
Bonsberg-Refrath b. Köln, Ackerstr. 9
Brauweiler Bez. Köln, An der Bonnstr.
Eberbach/N., Burgstr. 6
Nürnberg, Hardenbergplatz 6
Sehnde, Peiner Str. 13

Stuttgart, Lautenschlagerstr. 21
München, Hofmannstr. 51
Berlin N 65, Afrikanische Str. 142

Osnabrück, Am Gertrudenberg 1 a
Knapsack Kr. Köln, Kapellenstr. 68
Hamburg-Fuhlsbüttel, Rübenkamp 245
Gräfelfing b. München, Killerstr. 8

Essen, Rüttenscheider Str. 64
Karlsruhe
Düsseldorf, Kavalleriestr. 22

Therkorn, Gerhard, Dipl.-Ing.
Thiel, Alfred, Dr.-Ing.
Thiele, Gerhard, Dipl.-Ing.
Thierbach, Dr.
Thierfelder, Theodor, Dipl.-Ing.
Thimme, Ulrich, Dipl.-Ing.
Thoma, Rudolf, Dipl.-Ing., Baurat
und Frau
Thomson, Alexander, Dipl.-Ing.
mit Frau und Tochter
Thörner, Heinz, Direktor
Tittel, Hermann, Obering., Dipl.-Ing.
Tittel, Josef, Obering.
Titze, Friedrich, Direktor
Toelle, Hans, Dipl.-Ing.
Toeller, Heinrich, Dr., Physiker
Tödten, Ernst, Techniker
Trage, Christian, Dr., Postrat
und Frau
Trampler, F.-Herm., Ing.
v. d. Trappen, Eberhard, Dr.-Ing.
v. Treufels, Horst, Dr., Direktor
Trippel, Balduin, Obering.
Trodler, Herbert, Ing.
Troeltsch, Friedrich, Obering.
Trinkus, Erich, Obering.
und Frau
Thyes, Hugo, Dipl.-Ing., Direktor
mit Frau und Schwiegertochter

Essen, Karolinenstr. 6
Bad Homburg v. d. H., Tannenwaldallee 3
Peine
München, Hofmannstr. 51
Frankfurt/M., Burmitzstr. 9
Mannheim, Schwarzwaldstr. 71
Aachen, Weberstr. 57
Hannover, Kollenrodtstr. 6
Frankfurt/M., Hochhaus
Bln.-Zehlendorf, Klopstockstr. 5
Berlin-Lubars, Beneckendorfstr. 178
Berlin SW 11, Schöneberger Str. 3—4
Duisburg, Börsenstr. 10
Oberursel/Taun., Oberhöchstädter Str. 52
Hamburg 43, Probsteierstr. 23
Hannover, Bunsenstr. 13
Berlin-Charlottenburg, Haubachstr. 6
Hamburg 39, Jahnring 23
Selb/Bayern, Wittelsbacher Str. 45
Rheydt, Gasstr. 16
Gussenstadt/Württ., Kr. Heidenheim
Karlsruhe, Lenzstr. 14
Hannover, Köthnerholzweg 59
Hannover, Plathnerstr. 7

Uhlemann, Hans-Georg, cand. electr.
Ulbricht, G.
Ulloth, August, Direktor, Min.-Rat
Unger, Franz, Prof. Dr.
und Frau
Unterbusch, Franz, Obering.
Urtel, Rudolf, Dr.-Ing.

Braunschweig, Lachmannstr. 5
Ulm
Bad Homburg v. d. H., Schopenhauerstr. 11
Braunschweig, Am Tafelacker 9
Köln-Mülheim, Freiheit 69
Pforzheim, Blumenheckstr. 25

Viehmann, Heinrich, Dr.-Ing.

Vogel, Walter, Obering.
und Frau

Vogel, Wilhelm, Dr., Prof.

Vogelsang, Theodor, Dipl.-Ing.

Vogt, Gottfried, Dipl.-Ing.

Volk, Karl, Dipl.-Ing.

Vollrath, Bernhard, Dipl.-Ing.

Völker, Carl, Dr.-Ing.

Vollmer, Dipl.-Ing.

Vogelsang, Heinz, Referent

Frankfurt/M., Osthafenplatz 6

Braunschweig, Bankplatz 8

Köln-Nippes, Gustav-Nachtigall-Str. 17

Bottrop/W., Prosperstr. 130

Ulm, Seutherweg 14

Stuttgart-Degerloch, Michaelstr. 23

Wuppertal-Elberfeld, Brillerstr. 99

Frankfurt/M., Feyerleinstr. 2

Hannover, Städt. Betriebswerke

Nordrhein-Westf., Ministerium für
Wirtschaft und Verkehr

Wagner, Bodo, Dipl.-Ing.

Wagner, Karl, Prof. Dr.

Waldschmidt, Ernst, Obering.

Wallach, Karl, Obering.

Wallraff, Arnold, Direktor, Dr.
und Frau

Walter, Roland, Dr., Obering.

Walter, Theo, Obering., Direktor z. Wv.

Walter, F.

Walther, Hans, Dr.-Ing.

Wandt, Adolf, Dipl.-Ing.

Warmuth, Otto, Dipl.-Ing.
und Frau

Warnecke, Heinrich, Dr.-Ing.
und Frau

Warrelmann, Karl, Techn. Kaufmann

Warrelmann, Eberhard, Dipl.-Ing.

Warrelmann, Heinrich, Kaufm. VDE

Warrelmann, Georg, Generaldir. i. R.

Warsinski, Bruno, Ing.

Waschk, Fritz, Dipl.-Ing.

Berlin-Köpenick, Thürnagelstr. 18

Friedrichsdorf/Taunus, Hauptstr. 61

Blm.-Siemensstadt, Siemens/Schaltwerk

Knapsack bei Köln, Gartenstr. 11

Bonn, Stadtwerke, Friedensplatz

Hamburg 13, Harvestehuder Weg 7

Hannover, Roseggerstr. 9

Berlin

Frankfurt/M., Reinganumstr. 1

Wetzlar, Hermann-Steiner-Str. 1

Greene üb. Kreiensen, Hindenburgstr. 237

Wirges/Westerwald, Fabrikstr. 7

Hamburg-Wellingsbüttel, Classenweg 18

Mannheim-Waldhof, Untere Riedstr. 48

Hamburg 13, Isestr. 45

Berlin-Dahlem, Pücklerstr. 24

Berlin-Hermsdorf, Falkentaler Steig 46

Hannover, Bödekerstr. 75

Wasserrab, Theodor, Dr.-Ing.	Mannheim, Heinrich-Hoff-Str. 11
Weber, Hans, Betriebsdirektor	Berlin W 35, Bendlerstr. 26
Weber, Heinrich, Dipl.-Kfm., Prokurist	Osnabrück, Klosterstr. 29
Weber, Werner, Dr.-Ing. habil. <i>und Frau</i>	Gelsenkirchen-Buer, Springestr. 19
Watzinger, Helmut, Dipl.-Ing.	Nürnberg, Schmieglinger Str. 62
Wechsung, Hans, Physiker	Frankfurt/M., Ginnheimer Landstr. 173
Wechsung, Walter, Obering.	W.-Elberfeld, Uellendahler Str. 353
Wegener, Hermann, Eisenbahndir.-Präs.	Hannover, Spinozastr. 2
Weibeler, Wilhelm, Direktor	Korbach i. Waldeck, Louis-Peter-Str. 4
Weidler, Günther, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Hannover, Kerstingstr. 9
Weihe, Franz, Dipl.-Ing.	Blm.-Charlottenburg, Bayernallee 6
Weinmann, Tillo, Obering.	Hechingen, Masurenweg 4
Weintraud, Erich, Dipl.-Ing.	Frankfurt/M., Mainzer Landstr. 136
Weis, Wilhelm, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Hannover, Meraner Str. 6
Weitbrecht, Wolfgang, Dr.-Ing.	Erlangen/Bay., Richard-Strauß-Str. 19
Weigand, Walter, Dipl.-Ing.	Hannover, Haarstr. 9
Welker, Theodor, Obering.	Mülheim/Ruhr, Schloßberg 13
Weller, Wilhelm, Dr.	Wien, Elektrizitätswirtschafts A.G.
Weller, Hans, Dr.-Phys.	Köln-Buchheim, Malteserstr. 11
Wenk, P., Dr.	Erlangen
Wenzel, Emil, Direktor, Dipl.-Ing.	Berlin N 31, AEG-Fabriken, Brunnen- straße 107a
Weise, Dr.-Ing.	
Werkmeister, Dr.	
Werner, K.-H., Dr.-Ing.	Backnang/Württ., Gerberstr. 33
Werner, K.-H., Dipl.-Ing.	Essen, Heisingerstr. 49
Werner, Louis, Geschäftsführer <i>und Frau</i>	Düren, i. Fa. Gebr. Hannemann
Werner, Dipl.-Ing.	Hannover, Städt. Betriebswerke
Werner, Otto	Blm.-Siemensstadt, Siemens/Schaltwerk
Werners, Paul, Dr.-Ing., Baurat	Dortmund, Alter Mühlenweg 48

Werning, Gerdt, Obering.	Gifhorn, Bodemannstr. 9
Werrmann, Helmut, Dr.-Ing.	Bln.-Siemensstadt, Rippelstr. 6
Westerhoff, Eugen, Direktor und Frau	Kassel, Olgastr. 4
Weyer, Walter, Dipl.-Ing.	Köln-Riehl, Brehmstr. 1
v. Wiarda, Dipl.-Ing.	
Wiedermann, Dipl.-Ing. und Frau	Hannover, Kl. Düwelstr. 20
Wiegand, Paul, Dr.-Ing., Direktor	Frankfurt/M., Gragernstr. 17
Wierny, Heinz, Obering.	Erlangen, Schenkstr. 47
Wiesberg, Hans, Ing.	Bln.-Spandau, Am Südpark 6
Wiese, Fritz, Dipl.-Ing.	Bochum, Stensstr. 4
Wild, Dr.	Stuttgart
Willmer, Techn. Angestellter	Hannover, Städt. Betriebswerke
Wienken, Friedrich, Dipl.-Ing., Obering.	Erlangen, Richard-Strauß-Str. 31
Wild, Walter, Dipl.-Ing.	München, Hofmannstr. 51
Wilde, Dipl.-Ing.	
Wilhelms, Helmut, Dipl.-Ing.	Erlangen, Sieboldstr. 5
Wilke, Adolf, Ziv.-Ing.	Hannover, Am Lindener Berge 1A
Winkelmann, Erich, Obering.	Hamburg, Gerhart-Hauptmann-Platz 48
Winkler, Fritz-Arno, Dipl.-Ing.	Kassel, Lilienthalstr. 150
Winterling, Karl-Heinz, Dr. Phys.	Königstein/Taunus, Schloßpark
Winzheimer, Rudolf, Oberpostrat	Hechendorf a. P., Seestr. 63
Wipf, Fr., Dr.-Ing., Abt.-Dir., Dipl.-Ing.	München 2, Blumenburgstr. 6
Wippermann	
v. Wirén, Oskar, Dipl.-Ing.	Bln.-Frohnau, Bieselheider Weg 6
Wirth, Alexander, Ing.	Frankfurt/M., Mainzer Landstr. 136
Wirtz, Edgar, Dipl.-Ing.	Eberbach/Neckar, Neuer Weg
Wischeropp, Hans, Dipl.-Ing.	Essen, Kupferdreh-Kraftwerk
Wittmann, Dipl.-Ing.	
Wizlsperger, Josef, Dipl.-Ing.	Heidelberg, Hausackerweg 20
Woelken, Hans, Dipl.-Ing.	Bln.-Reinickendorf-Ost, Aroser Allee 60
Wolf, Leonhard, Generaldirektor	München, Blumenburgstr. 6

Wolff, Willy, Dr. Phys. <i>und Frau</i>	Nürnberg, Lindenaststr. 58
Wolffhardt, Heinz, Ing.	Frankfurt/M., Mainzer Landstr. 136
Wosnik, Joh., Präsident der O. P. D.	Düsseldorf, Karl-Theodor-Str. 10
Wuckel, Günter, Dr., Direktor	Backnang/Württ., Gerberstr. 33
Wüstermann, Hans, Obering.	Wuppertal-Barmen, Möwenstr. 1
Wüsteney, Herbert, Dipl.-Ing.	München, Hofmannstr. 51
Wulsten, Kurt, Obering.	Bln.-Siemensstadt, Siemens/Schaltwerk
Wundram, Oskar, Dipl.-Ing., Baudir.i.R.	Hamburg-Kl. Flottbeck, Ohnhorststr. 45
Willmer, Wally	Hannover, Mattfeldstr. 10
X ander, Fritz, Direktor	Eßlingen, Ritterstr. 17
Z aduk, Heinz, Dipl.-Ing.	Bln.-Lichterfelde, Nelkenstr. 1
Zander, Ernst, Ing.	Dortmund-Lütgendortmund, Provinzial- straße 152
Zappen, Josef, Ing.	Essen, Lilienstr. 21
Zecher, Gustav, Dr. Phys.	Hamburg-Lokstedt, Stresemannallee 101
Zell, Clemens, Dr.-Ing., Oberbaudir.	München-Pasing, Am Stadtpark 32
Zeuner, Robert, Dipl.-Ing.	Bln.-Wilmerdorf, Wiesbadener Str. 58
Ziegenbein, Wilhelm, Dr.-Ing.	Hameln, Obere Basbergstr. 21
Ziems, Wolfgang, Direktor, Kaufmann	Köln-Zollstock, Höningerweg 115
Zieten, Walter, Obering. <i>und Frau</i>	Erlangen, Schillerstr. 18
Zillmer, Werner, Prokurist	Karlsruhe, Hebelstr. 2—4
Zimmermann, Rudolf, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	München 25, Specklinplatz 29
Zinn, Erich, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Braunschweig, Saarstr. 7
Zorn, Max, Obering.	Bln.-Siemensstadt, Schuckertdamm 332
Zumbusch, Heinrich, Physiker	München 42, Diesterwegstr. 4
Zwanzger, Paul, Dipl.-Ing.	Nürnberg, Trierer Str. 128
Zwilling, Theodor, Dipl.-Ing.	Neumünster, Stadtwerke
Zintzsch, Dipl.-Ing., Direktor <i>und Frau</i>	Wolfsburg

Nachtrag zum Teilnehmerverzeichnis

Abeling, Heinz	Hannover, OPD
Arndt, Karl, Obering. und Frau	Mülheim/Ruhr, Kappenstr. 40
Bartels	Pforzheim
Baumgart, Karl, Dr., Dipl.-Ing.	Köln/Mülheim, Adamsstr. 68
Beltz, Heinz	Hannover, OPD
Bethke, Walter, Ing.	Hamburg 39, Baumkamp 31
Blaschke, Karl	Hannover, OPD
Brakhahn, Otto, Ing.	Braunschweig, OPD
Braun, Fridolin, Ing.	Braunschweig, OPD
Busch, Günter	Hannover, OPD
Carl, Dr.	Pforzheim
Chladek, Walter, Dipl.-Ing.	Eßlingen, Alleenstr. 31
Delbrügge, Horst	Hannover, OPD
Dittert, Hellmuth, Obering.	Gladbeck i. W., Schulte-Berge-Str. 24
Eßlinger, Hans, Dipl.-Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Feckinghaus, Albrecht, Direktor	Frankfurt/M., Gärtnerweg 61
Fiegler, Hans-Joachim, El.-Ing.	Bayreuth, Wölfelstr. 6
Findeiß, Alfred, Dr.-Ing.	Töging am Inn, Innwerke
Franzelius, Karl, Obering. i. R.	Hannover, Wangenheimstr. 13
Frenzel, Georg, Ing.	Braunschweig OPD
Fricke, Hans, Dr.-Ing.	Braunschweig, Schunterstr. 6
Garske, Heinrich, Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Gebauer, Ludwig, Dipl.-Ing.	Marktredwitz/Bayern
Gehre, Ernst, Ing.	Frankfurt/M., Nidenau 15
Großmann, Karl, Dr.-Ing.	Hann.-Ricklingen Göttinger Chaussee 76
Grunert, Werner, Obering.	Marl/Westf., Hiberniastr. 1
Guck, Rudolf, Dipl.-Ing.	Karlsruhe, Technische Hochschule
Heyng, Fritz, Direktor	Wolfenbüttel, Stadtwerke

Titze, Hans, Dr.-Ing.	Wien V, Gießaufgang 1/13
Wantosch, Rudolf, Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Weise, Harald, Dr.-Ing.	Hann.-Ricklingen, Wennigser Str. 35
Weiß, Otto, Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Weth, Max, Dir. a. D.	Berlin-Wittenau, Rathausprom. 4
Wetzorke, Friedrich, Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Wiegmann, Werner, Ing.	Braunschweig, OPD
Wolf, Johann, Dr.-Phys.	Düsseldorf, Begonienstr. 21
Wangemann, Dr., Ob.-Reg.-Rat	Ministerium f. Wirtsch. u. Verkehr Hann.
Weber, Wilhelm, Oberbürgermeister der Hauptstadt Hannover	
Wiechert, Karl, Oberstadtdirektor der Hauptstadt Hannover	
Zwehl, Wilhelm v., Dipl.-Ing.	Düsseldorf, Kaiserswerther Str. 200
Zschintzsch, Wilhelm, Dipl.-Ing., Dir. <i>und Frau</i>	Wolfsburg, Volkswagenwerk
Babik, Ludwig, Dipl.-Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Baumhof, Anton, Obering.	Hannover, Friedrichstr. 1
Berger, Anton, Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Bergmann, Dr. Dr. Vizepräsident der Ind.- u. Handelskammer Hannover	
Bochmann, Werner, Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Denker, Hans, Ob.-Reichsb.-Rat	Hannover, Königstr. 2
Flachsbarth, Prof., Staatssekretär im Kultusministerium Hannover	
Grün, Dr.	Konstanz, Pintsch Elektro
Kleinstauber, Dr.	Konstanz, Pintsch Elektro
Lemmertz, Josef, Oberpostrat	Köln
Obermöser, Karl, Dr.-Ing. <i>mit Frau und Sohn</i>	Oldenburg, Roggemannstr. 7

Huke, Walter	Hannover, OPD
Igel, Josef, Ing.	Braunschweig, OPD
Kausch, Werner, Dipl.-Ing.	Hann.-Ricklingen Göttinger Chaussee 76
Klinker, Frau	Bochum, Königsallee 45
Klettke, Ernst, Dipl.-Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Klotz, Ernst, Dir., Dipl.-Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
König, Erwin, Dipl.-Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Körber, Rolf	Hannover, OPD
Krause, Bruno, Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Kreienfeld, Friedrich, Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Krumme, Waldemar, Dipl.-Ing.	Berlin-Friedenau, Grazer Damm 147
Krüger, Hans, Dipl.-Ing.	Wiesbaden, Westendstr. 4
Lamberts, Kurt, Dr.-Ing.	Braunschweig, Jaspersallee 17
Landschaftliche Brandkasse	Hannover
Reg.- und Baurat Schubert	
Ing. Harms	
Ing. Jahn	
Amtmann Lampe	
Langkau, Helmut, Dipl.-Ing.	Frankfurt/M., Guiolletstr. 56
Leithäuser, Gustav, o. Prof.	Berlin-Steglitz, Schloßstr. 42
Lindemann, Rudolf, Stadtamtmann	Wolfenbüttel, Stadtwerke
Lütje Rudolf, Dipl.-Ing.	Essen, Hufelandstr. 34
Mahrholz, Armin, Ing.	Braunschweig, OPD
Meyer, Obering.	Hannover, Friedrichstr. 1
Meyer, Carl-Ludwig, Dipl.-Phys.	Pforzheim, Westliche 61
Miesalla, Erich, Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Du Mont, Paul, Dipl.-Ing.	Köln-Ehrenfeld, Vogelsanger Str. 197A
Müller, Siegfried, Dipl.-Ing.	Essen-Kray, Heinrich-Sense-Weg 35
Nagel, Martin, Direktor und Frau	Hannover, Marienstr. 20
Nater, Rudolf, Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Nibbe, Fritz	Hannover, OPD

Nowak, Alfred, Dipl.-Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Oehler, Hans-Werner, Dipl.-Ing.	Hannover-Kirchrode, Jöhrenstr. 6
Ohlendorf, Otto, Obering. <i>und Frau</i>	Fallingbostel, Heinrichstr. 15
Pfeiffer, Erich, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Hann.-Kirchrode, Kaiser-Wilhelm-Str. 26
Podlich, Wilhelm, Dipl.-Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Potthoff, Karl, Dr., Lab.-Leiter	Stuttgart, Zeppelinstr. 45
Preuß	Hannover, Marienstr. 19
Prochnow, Curt, Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Pusecker, Werner	Hannover, OPD
Richter, Johann, Dr.-Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Reinecke, Alfred, El.-Ing.	Wolfenbüttel, Stadtwerke
Runge, Martin, Ing.	Braunschweig, OPD
Sauermilch, Hermann, Ing.	Braunschweig, OPD
Schaffstein, Goswin, Dr.-Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Scherp, Helmut, Dr.-Ing.	Belecke (Möhne), Schützenstr.
Scheuber, A., Dipl.-Ing.	München, W.-v.-Dyck-Pl. 1
Schmidt, Walter, Dipl.-Ing.	Heidenheim, Bahnhofstr. 2
Schönemann, Adolf, Ing.	Braunschweig, OPD
Scholz, Norbert, Dipl.-Ing.	Groß Horst über Hannover, Nr. 10
Schröter, Erich, Obering.	Belecke/Möhne, Wilkestr.
Schulz, Hermann, Dipl.-Ing. <i>und Frau</i>	Köln, Neumarkt 18
Silber, Herbert, Ing.	Braunschweig, OPD
Spaltenstein, Karlheinz, Dipl.-Ing.	Hannover, Friedrichstr. 1
Stenner, Moritz, Ing.	Hannover, Sonnenweg 11
Stock, Ernst	Hannover, OPD
Strömer, Joachim, Ing. <i>und Frau</i>	Braunschweig, Höhenblick 4
Stuwe, Gerhard, Dipl.-Ing.	Hann.-Ricklingen, Göttinger Chaussee 76
Stüwig, Hans, Ing.	Braunschweig, OPD
Thießen, Wilhelm, Dipl.-Ing.	Stuttgart-Cannstadt, Deckerstr. 5
Trost, Wolfgang, Ing.	Braunschweig, OPD

Peetz, Oberpostrat	Bundespostministerium
v. Ehren, Abt.-Präsident	Bundespostministerium
Wenzlau, Oberpostrat	Bundespostministerium
Pippart, Oberpostrat	Bundespostministerium
Raettig, Ministerialdirigent	Bundespostministerium
Keßler, Vizepräsident	Bundespostministerium
Böhlau, Walter, Dr.-Ing.	Hannover, Hinüberstr. 4
Rönnau, Alexander, Dipl.-Ing.	Hannover, Hinüberstr. 4
Schönfeld, Hans, Professor <i>und Frau</i>	Hannover, Heidornstr. 7 c
Meyer, Direktor	Essen, Siemens-Schuckert-Werke
Torno, Fritz, Architekt	Hannover, Heinrichstr. 27
Denecke, Dr.-Ing.	Braunschweig, Techn. Hochschule
Fleig, Josef, Oberpostrat	Frankfurt/M., OPD
Röbenack, Heinrich, Direktor	Hannover, Stader Landstr. 69
Prätori, Ludwig, Obering.	Essen, RWE
Welge, Otto, Prokurist <i>und Frau</i>	Hannover, Stader Landstr. 69
Reusch, Paul, Direktor	Hannover, Stader Landstr. 69
Siemens, Walter, Kaufmann <i>und Frau</i>	Hannover, Stader Landstr. 69
Weigle, Willy, Prokurist <i>und Frau</i>	Hannover, Stader Landstr. 69
Meyer, Wilhelm, Dr. <i>und Frau</i>	Hannover, Stader Landstr. 69
Bamberger, Karl, Oberpostrat	Darmstadt, Rheinstr. 110
Wolff, Werner, Dipl.-Ing., Postrat	Düsseldorf-Oberkassel, Löricker Str. 177
Hackemann, Werner, Obering.	Essen, RWE

Druckerei H. Osterwald, Hannover

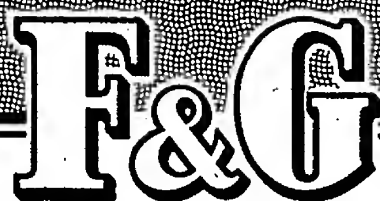
6) CO-B-36904

VDE

VERBAND DEUTSCHER ELEKTROTECHNIKER E.V.

MITGLIEDER- VERZEICHNIS 1951

VDE-VERLAG GMBH · WUPPERTAL · BERLIN



ERZEUGNIS-PROGRAMM:

Starkstromkabel

für alle Verwendungszwecke bis zu den höchsten Spannungen
Sonderheit: Druckkabel, Ölkabel

Fernmeldekabel

für alle Verwendungszwecke bis zu den höchsten Frequenzen
Sonderheit: Trägerfrequenzkabel

Hochfrequenzkabel

als Sendekabel, Empfangskabel und Schaltkabel

Freileitungsseile

für alle Verwendungszwecke
Sonderheit: KPS-Drähte und Seile • Stahl-Aluminium-Seile

Isolierte Drähte und Leitungen

Dynamo-Drähte und-Litzen

Kabelgarnituren und Zubehör

Freileitungs-Zubehör

Niederspannungsschalt- und Verteilungsanlagen

Kondensatoren, Spulen und Übertrager

Pupinspulen für Fernsprechkabel

Elektrische Meßgeräte

Metallhalbzeuge

für die allgemeine Technik

Motoren

in Spezialausführungen

Gleichstrom-Generatoren

Erstellung ganzer Kabelnetze

für Starkstrom- und Fernmeldeanlagen



FELTEN & GUILLEAUME CARLSWERK AG
KÖLN - MÜLHEIM

VERBAND DEUTSCHER ELEKTROTECHNIKER

EINGETRAGENER VEREIN

VDE

Organisation und Mitgliederverzeichnis

nach dem Stande vom April 1951

VDE-VERLAG G.M.B.H., WUPPERTAL UND BERLIN
1951

Wegen der besonderen politischen Lage Berlins sind die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins Berlin (z. T. aus dem Osten) in diesem Verzeichnis nicht mit aufgeführt.

Nachdruck, auch einzelner Teile, verboten
Copyright Berlin 1951 — All rights reserved — Printed in Germany
Deutsche Zentraldruckerei AG., Berlin SW 11

Ehrenmitglieder

	Ernannt:
Emil Budde † Prof. Dr.-Ing.	1912
Emil Rathenau † Geh. Baurat Dr. Dr.-Ing.	1914
Wilhelm v. Siemens † Geh. Reg.-Rat, Dr. Dr.-Ing.	1918
Georg Klingenberg † Geh. Baurat, Prof. Dr., Dr.-Ing. E. h.	1919
Oskar von Miller † Exz. Geh. Baurat, Dr.-Ing. E. h.	1924
Johannes Goerges † Geh. Hofrat, Prof., Dr. phil., Dr.-Ing. E. h.	1924
Wilhelm Kohlrausch † Geh. Reg.-Rat, Prof., Dr. phil., Dr.-Ing. E. h.	1928
Karl Strecker † Präsident a. D., Prof. Dr. phil., Dr.-Ing. E. h.	1928
C. Ludwig Weber † Geh. Reg.-Rat, Dr. phil.	1929
Ernst Conrad Zehme † Privatdozent, Oberingenieur	1938
Walther Rogowski † Prof. Dr.-Ing., Dr.-Ing. E. h.	1938
Waldemar Petersen † Prof. Dr.-Ing. Dr. rer pol. h. c.	1938
Georg Dettmar † Prof. Dr.-Ing. E. h.	1941
Konrad Alvensleben † Oberingenieur	1943
Hans Harbich † Abteilungs-Präsident, Dr.-Ing.	1943
Clemens Paulus Oberbaurat a. D.	1943
William Weicker † Direktor a. D., Dr.-Ing.	1943
Louis Monath † Dr.-Ing.	1944
Carl Trettin † Dr.-Ing. E. h.	1944
Johann Ossanna Geheimer Hofrat, Prof. Dr.-Ing	1950

IV

Vorstand

Vorsitzender: Ministerialdirigent Dipl.-Ing. **Karl Herz**, Frankfurt am Main,
Gallusanlage 2

Prof. Dr.-Ing. E. h. **J. Biermanns**, Kassel-Bettenhausen, Lilienthalstr. 150

Prof. Dr. **O. Löbl**, Essen, Rellinghauser Str. 53

Dir. Dr.-Ing. **W. von Mangoldt**, Erlangen, Sieboldstr. 5

Prof. Dr.-Ing. **Franz Moeller**, Braunschweig, Mühlenpfordtstr. 307

Dir. Dr.-Ing. **K. Neuenhofer**, Mannheim, Boveristr. 22

Ministerialrat Dipl.-Ing. **A. Peters**, München - 2 BZ, Arnulfstr. 19

Direktor **H. Pütz**, Stuttgart - S, Wernhaldenstr. 15

Prof. **A. Rachel**, Berlin-Grünwald, Hohenzollerndamm 150

Direktor **P. Reichel**, Hamburg 1, Gerhart-Hauptmann-Platz 48

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.

Generalsekretär: Dr. F. Lauster, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6—8

Geschäftsstelle: Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6—8

Telefon: 4 31 57; Fernschreiber: 04.12 48; Kabelwort: Elektrobund;
Postscheckkonto: Köln 21 97; Bankkonto: Heßische Bank (früher Deutsche Bank) 500 710

Elektrotechnische Vereinigungen

ETV Aachen

Aachen, Weberstr. 57

VDE-Bezirk Westfalen-Ost

Bielefeld, Wilh.-Bertelsmann-Str. 8

ETV Braunschweig im VDE

Braunschweig, Techn. Hochschule

ETV Bremen

Bremen, Findorffstr. 27.

VDE-Bezirk Düsseldorf

Düsseldorf, Luisenstr. 105

ETV d. Rhein.-Westf. Industriebezirks

Essen, Hochtiefhaus

ETG Frankfurt a. M.

Frankfurt/M., Gutleutstr. 280.

ETV Südbaden

Freiburg i. Br., Günterstalstr. 19

VDE-Bezirk Hamburg e. V.

Hamburg 1, Gerh.-Hauptm.-Platz 48

ETG Hannover im VDE

Hannover, Bischofsholer Damm 70

ETV Mittelbaden

Karlsruhe, Hebelstr. 2—4

ETG Nordhessen

Kassel, Obere Königstr. 3

VDE-Bezirk Schleswig-Holstein

Kiel, Gartenstr. 6

VDE-Bezirk Köln

Köln-Riehl, Amsterdamer Str. 192

VDE-Bezirk Kurpfalz e. V.

Mannheim-Feudenheim, Körnerstr. 33

ETV München

München 2, Blumenstr. 28

VDE-Bezirk Niederrhein

M.-Gladbach, Rubensstr. 37 a

ETG Nürnberg

Nürnberg, Sandrartstr. 30

VDE-Bezirk Oldenburg

Oldenburg i. O., Donnerschweerstr. 26

ETV Württemberg e. V.

Stuttgart - N., Lautenschlagerstr. 21

VDE-Bezirk Ostfriesland

Wilhelmshaven, Herbartstr. 96

VDE-Bezirk Bergisch Land

Wuppertal-Elberfeld, Neumarktstr. 52

VDE-Kommissionen

Kommission Kennziffer	Arbeits- ausschuß oder -kreis	Arbeitsgebiet	Vorsitzende
0100	—	Errichtungsvorschriften unter 1000 V	Obering. Dipl.-Ing. Stor- manns, TÜV, Essen
	0100—1	Begriffserklärungen	Obering. Dunkelmann, TWS, Stuttgart
	0100—2	Schutzmaßnahmen	Obering. Dipl.-Ing. Stor- manns, TÜV, Essen
	0100—3	Maschinen, Transformatoren, Akkumulatoren	Prof. Dr. Löbl, RWE, Essen
	0100—4	Installationsmaterial, Schalt- geräte usw.	Obering. Dipl.-Ing. Spitta, SSW, Erlangen
	0100—5	Leitungsverlegung	Dipl.-Ing. Litterscheid, TÜV, Essen
	0101—1	Erdungen in Anlagen über 1 kV	Dr. Koch, SSW, Berlin-Süd- ende
	0108	Theateranlagen	Obering. Kling, AEG, Hof (Saale)
0111	—	Isolationsbemessung ab 1 kV	Obering. Dr.-Ing. Elsner, SSW, Nürnberg
0115	—	Elektrische Bahnanlagen	Abt.-Präs. Dr. Kasperowski, EZA, München
	0115—1	Fahrzeuge	Dir. Dipl.-Ing. Petersen, Städt. Werke, Nürnberg
	0115—2	Ortsfeste Bahnanlagen	Reg.-Baum. Dipl.-Ing. Jakob, BBC, München
0118	—	Errichtungsvorschriften für Bergwerksanlagen	Obering. Dipl.-Ing. Stor- manns, TÜV, Essen
	0118—1	Vorbereitender Ausschuß	Dipl.-Ing. Groezinger, TÜV, Essen
0120/0121	—	Hochspannungsschutz in Röntgenanlagen	—

Kommission Kennziffer	Arbeits- ausschuß oder -kreis	Arbeitsgebiet	Vorsitzende
0127	—	Zubehör für Leuchtstoff- lampen	Obering. Dipl.-Ing. Spitta, SSW, Erlangen
	0127—1	Drosselspulen und Trans- formatoren für Leuchtstoff- lampen	Obering. Dr.-Ing. Sturm, BBC, Eberbach (Neckar)
	0127—2	Kondensatoren für Leucht- stofflampen	Obering. Manz, S & H, Heidenheim (Brenz)
	0127—3	Fassungen für Leuchtstoff- lampen	Dipl.-Ing. Voßloh, Voßloh- werke, Lüdenscheid
	0127—4	Leuchten für Leuchtstoff- lampen	Dipl.-Ing. Schmelzle, Schan- zenbach & Co., Frankfurt (Main)
	0127—5	Leuchtstofflampenanlagen	—
0128	—	Leuchtröhrenanlagen und -geräte	Obering. Drews, SSW, Mann- heim
	0128—1	Leuchtröhrenanlagen	Obering. Wrigge, HEW, Hamburg
	0128—2	Vorschalt- und Leuchtröhren- geräte	Dipl.-Ing. Decher, May & Christe, Oberursel (Ts.)
	0128—3	Kabel und Leitungen	Obering. Morschel, SSW, Erlangen
	0128—4	Kleinmaterial	Obering. Weiß, Lichttechn. Werke, Wolfenbüttel
0165	—	Explosionsgefährdete und Sprengstoffbetriebe	Obering. Krapp, BASF, Ludwigshafen
0210	—	Starkstrom-Freileitungen	Obering. Dipl.-Ing. Bürklin, SSW, Nürnberg
0250	—	Isolierte Kabel u. Leitungen	Dir. Dr. Förster, Rheinkabel, Köln
	0250—1	Starkstromkabel	Dir. Greff, Südkabel, Mann- heim
	0250—2	Isolierte Starkstromleitungen	Obering. Heinzelmann, Land- u. Seekabelwerke, Köln- Nippes
	0250—3	Fernmeldekabel	Dr. phil. Reuschenbach, F & G, Köln-Mülheim
	0250—4	Isolierte Fernmeldeleitungen	Dir. Dr. Förster, Rheinkabel, Köln

Kommission Kennziffer	Arbeits- ausschuß oder -kreis	Arbeitsgebiet	Vorsitzende
	0300/...	Elektr. Prüfverfahren für DNA—VDE Isolierstoffe	Dr. Würstlin, BASF, Ludwigs- hafen
	0300/0335	Keramische Isolierstoffe	Dir. Dr.-Ing. von Treufels, Rosenthal-Isolatoren, Selb (Oberfr.)
	0300/0370 VDE—FAM ^{*)}	Isolieröle	Obering. Maurer, SSW, Nürnberg
0410	—	Meßgeräte	Dr.-Ing. Priv.-Doz. Merz, S & H, Karlsruhe
0414	—	Wandler	—
0418	—	Elektrizitätszähler	Reg.-Rat Dr. Bähre, PTB, Braunschweig
0425	—	Spannungssucher	Dr.-Ing. Zeier, Berufsgen. d. Feinmech. u. El.-Techn., Nürnberg
0446	—	Freileitungsisolatoren	Obering. Dipl.-Ing. Meyer, Bayernwerk, München
0510	—	Akkumulatoren	Obering. Dipl.-Ing. Pöhler, AFA, Frankfurt
0530	—	Elektrische Maschinen	Dir. Dr. Hillebrand, AEG, Berlin N 31
0532	—	Transformatoren	Obering. Küchler, AEG, Stgt.-Bad Cannstatt
0535	—	Elektrische Bahnausrüstung	Abt.-Präs. Michel, EZA, München
0550	—	Kleintransformatoren	Obering. Dipl.-Ing. Schwenk, AEG, Backnang
0560	—	Kondensatoren	Dipl.-Ing. Linder, S & H, Heidenheim (Brenz),

^{*)} FAM = Fachnormenausschuß für Mineralöl- und Brennstoffnormung.

VIII .

Kommission Kennziffer	Arbeits- ausschuß oder -kreis	Arbeitsgebiet	Vorsitzende
0610	—	Installationsmaterial	Dir. Sessinghaus, Dr. Deisting & Co., Kierspe (Westfalen)
	0610—1	Schalter und Steckvorrichtungen	Ing. König, Albrecht Jung, Schalksmühle
	0610—2	Fassungen	Dipl.-Wirt-Ing. Busse, Neheim-Hüsten
	0610—3	Sicherungen	Obering. Grünwald Schwarzfärber & Co, Nürnberg
	0610—4	Verlegungs- u. Verbindungsmaterial	Obering. Hensel i. Fa. Gustav Hensel, Altenhundem (Westfalen)
	0610—5	Nichtkeramische Isolierstoffe für Installationsmaterial	Ob.-Baurat Dostler, EP 4, Nürnberg
	0610—6	Leitungsschutzschalter	Dir. Schachtner, Stotz-Kontakt, Heidelberg
0660	—	Niederspannungsschaltgeräte	Dr.-Ing. Einselne, SSW, Bln.-Siemensstadt
	0660—1	Fehlertenspannungs-Schutzschalter	Prov.-Baurat Schnell, Verb. d. Sachversicherer, Münster (Westfalen)
0667		Elektrozäune	Dr.-Ing. Schneider, Berufs-gen. d. Feinmech. u. El.-Techn., Stuttgart
0670	—	Hochspannungsgeräte	Dipl.-Ing. Zühlke, SSW, Bln.-Siemensstadt
	0670—1	Begriffserklärungen	Dr.-Ing. Jacottet, VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt (Main)
	0670—2/2	Baubestimmungen für Geräte	Dipl.-Ing. Bohn, AEG, Kassel-Bettenhausen
	0670—2/3	Prüfbestimmungen	Dipl.-Ing. Autenrieth, V & H, Frankfurt (Main)
	0670—3	Sicherungen	Dir. Weber, Bewag, Berlin W 35
	0670—4	Trennschalter	Obering. Dipl.-Ing. Rahmann, BBC, Mannheim
	0670—5	Stützer und Durchführungen	—
0675	—	Überspannungsschutz	Dr.-Ing. Baatz, Stud.-Ges. f. Höchstsp.-Anl., Ruit über Eßlingen

Kommission Kennziffer	Arbeits- ausschuß oder -kreis	Arbeitsgebiet	Vorsitzende
0710	—	Leuchten	Obering. Weis, SSW, Erlangen
0720	—	Elektrowärmegeräte	Prof. Dr.-Ing. Müller, El.- Wärmeinstitut, Langen- berg (Rheinland)
	0720—1	Elektrowärmegeräte für Kleinspannungen	Dr.-Ing. Schneider, Berufsgen. d. Feinmech. u. El.-Techn., Stuttgart
	0720—2	Schmiegsame Elektrowärme- geräte	Obering. Gorn, AEG, Nürn- berg
	0720—3	Industrielle Anwendung für Elektrowärme	Prof. Dr.-Ing. Müller, El.- Wärmeinstitut, Langen- berg (Rheinland)
	0720—4	Geräte für Elektroden- beheizung	Dir. Dipl.-Ing., Ingwersen, GOMA, Hermeskeil, Krs. Trier
0730/0740	—	Geräte mit Kleinstmotoren und El.-Werkzeuge	Ing. Hagemann, Robert Bosch, Stuttgart-W.
	0730/ 0740—1	Geräte mit Kleinmotoren	Obering. Kropp, AEG, Olden- burg i. O.
	0730/ 0740—2	Elektrowerkzeuge	Ing. Hagemann, Rob. Bosch, Stuttgart
0750	—	Elektromedizinische Geräte	Obering. Dipl.-Ing. Graf, Siemens-Reiniger-Werke, Erlangen
	0871—1	Funk-Entstörung von Nieder- frequenz- und Gleichstrom- geräten	Obering. Mernerich, S & H, Heidenheim (Brenz)
	0871—2	Funk-Entstörung von Hoch- frequenzgeräten und -anlagen	Dr.-Ing. Dennhardt, HASTRA, Hannover
	0871—3	Funk-Entstörung von Rund- funk-Empfangsanlagen ein- schließlich Fernsehen	—
DVGW— VDE	—	Arbeitsgemeinschaft für Korrosionsfragen	Dipl.-Ing. Thalsofer, Ruhr- gas-A.-G., Essen-Stadtwald, Kantorie 124

Erläuterung: 0100 = Kommission,
0100—1 }
0300/... DNA—VDE } = Arbeitsausschuß,
0670—2/1 } = Arbeitskreis.

X

Technischer Ausschuss

Bornemann, Min.-Rat, Dipl.-Ing., Bundespostministerium, Frankfurt/Main,
Elbestr. 1, Zi. 106
Buss, Dr. phil. F & G, Köln-Mülheim
Einsele, Dr.-Ing., SSW-Gerätewerk, Berlin-Siemensstadt
Elsner, Obering. Dr.-Ing., SSW, Trafowerk, Nürnberg, Katzwangerstr. 15
Freiberger, Dir., Dr.-Ing., HEW, Hamburg 1, Gerhart-Hauptmann-Platz 48
Hillebrand, Dir., Dr., AEG, Berlin N 31, Brunnenstr. 107 a
Hueter (Vorsitzender), Prof., Dr.-Ing., TH, Darmstadt, Schloßgartenstr. 8
König, Ing., Albrecht Jung, Schalksmühle/Westfalen
Krapp, Obering., BASF, Ludwigshafen/Rhein
Michel, Abt.-Präsident, Deutsche Bundesbahn/EZA, München 2 BZ, Arnulfstr. 19
Müllner, Dr.-Ing., BBC, Mannheim, Boveristr. 22
Rayhrer, Dr.-Ing., TWS, Stuttgart-N., Lautenschlagerstr. 21
Roser, Dr.-Ing., RWE, Essen, Rellinghauser Str. 53
Schäfer, Dir., Dr.-Ing., AEG, Stuttgart-Bad Cannstadt, Deckerstr. 5
Stormanns, Obering., Dipl.-Ing., TUV, Essen, Herkulesstr. 1—5

Prüfstellen-Ausschuss

Ordentliche Mitglieder:

Gen.-Dir. Dipl.-Ing. **Beenken**,
Schleswig-Holst. Landesbrandkasse,
Kiel, Gartenstr. 6
Paul Bodde,
Werkstätte für Elektrotechnik,
Hattingen a. d. R., Heggerstr. 35
Dr. Gerd Buss,
Felten & Guilleaume,
Köln-Mülheim, Schanzenstr. 24
Oberbaurat Dostler,
Bayerische Landesgewerbeanstalt,
Nürnberg 2
Ober-Ing. Englert,
SSW, Installationsgerätewerk,
Regensburg, An der Irlter Höhe 20
Stud.-Ref. Karl Forger,
Physikal.-Techn. Bundesanstalt,
Braunschweig
Dipl.-Ing. Glötzner,
Überlandzentrale Helmstedt
Ober-Ing. Gorn,
AEG, Fabrik für Elektrobeheizung,
Nürnberg 2
Ober-Ing. Honnens,
HEAG, Darmstadt
Direktor Dipl.-Ing. Ingwersen,
Goma-GmbH., Herdfabrik,
Hermeskeil

Stellvertretende Mitglieder:

Baurat Dipl.-Ing. Schnell,
Westf. Prov.-Feuersozietät,
Münster i. Westf., Zumsandestr. 2
Ing. D. Mauz,
Elektrische Anlagen,
Hagen i. Westfalen, Buscheystr. 11
Dr. Reuschenbach,
Felten & Guilleaume,
Köln-Mülheim, Schanzenstr. 24
Baurat Schrohe,
Bayerische Landesgewerbeanstalt,
Nürnberg 2
Dr.-Ing. Lindner,
Lindner GmbH.,
Bamberg, Lichtenhaidestr. 9
Dipl.-Ing. Erich Zinn,
PTB Braunschweig
Direktor Dipl.-Ing. Clausen,
Hastra, Hannover
Ober-Ing. Kurz,
BBC, Groß-Auheim, Karlstr. 10
Ober-Ing. Scheller,
Elektrizitäts-A.G. Mitteldeutschland,
Kassel
Dr.-Ing. Nawo,
Gross A.-G.,
Schwäb.-Hall

Ordentliche Mitglieder:

Reg.-Dir. Dr. Koch,
Zentralinstitut für Arbeitsschutz,
Soest i. W., Niederbergheimer Str.

Ing. König,
A. Jung,
Wuppertal-Barmen, Am Brögel 6

Professor Dr. O. Löbl,
RWE Essen, Hochtiefhaus

Oberbaurat Lynen,
Elektrisches Prüfamt 3,
München 8, Zweibrückenstr. 33 a
stellvertr. Vorsitzender d. PA)

Dr.-Ing. Meister,
Hamb. Elektrizitätswerke
Hamburg, Gerh.-Hauptmann-Platz 48

Gen.-Dir., Dr.-Ing. L. Reinach,
Stadtwerke Wuppertal,
Wuppertal, Verwaltungshaus

Direktor H. Schachtner,
Stotz-Kontakt GmbH.,
Heidelberg-Pfaffengrund,
Eppelheimer Landstr.

Direktor F. Sessinghaus,
Dr. Deisting & Co. GmbH.,
Kierspe i. Westfalen
(Vorsitzender des PA)

Dr.-Ing. O. Schneider,
Ber.-Gen. der Feinmechanik und
Elektrotechnik, Stuttgart-S.,
Mörkestr. 11,

Ing. H. W. Vogelsang,
Wirtschaftsministerium,
Düsseldorf, Rather Str. 49 a

Direktor Dipl.-Ing. Xander,
Neckarwerke,
Eßlingen, Ritterstr. 17

Stellvertretende Mitglieder:

Regierungsgewerberat Seiler,
Arbeitsministerium des Landes Nord-
rhein-Westfalen,
Düsseldorf, Landeshaus, Bergallee

Ober-Ing. Eppinger,
Busch-Jaeger, Lüdenscheider Metall-
werke A.G., Lüdenscheid

Ober-Ing. Dipl.-Ing. Corlin,
RWE Essen, Hochtiefhaus

Baurat Dr.-Ing. Führer,
Elektrizitätswerke München,
München 5,

Dipl.-Ing. Kruse,
Schleswig, Rendsburg

Prok. Dipl.-Ing. Frowein,
Stadtwerke Wuppertal,
Wuppertal, Verwaltungshaus

Ing. Otto Hefendehl,
Stemel, Post Hachen, Krs. Arnsberg

Ing. Bernet,
Zentralverband der Elektrotechn.
Industrie, Frankfurt a. Main,
Am Hauptbahnhof 12

Dr.-Ing. Schäffer,
Ber.-Gen. der Feinmechanik und
Elektrotechnik, Braunschweig,
Bültenweg 88

Lt. Reg.-Dir. Dr. Bischof,
Materialprüfungsamt Dortmund,
Alte Radstr. 15

Dipl.-Ing. Steger,
Neckarwerke,
Eßlingen, Ritterstr. 17

Zeitschriftenausschuss

Dipl.-Ing. W. Rolli (Vorsitzender), i./H. Robert Bosch GmbH., Stuttgart-W., Forststr. 9

Dr. phil. habil. H. W. Droste, Hersbruck, Großviehbergstr. 15

Obering. Dr. R. Elsner, i./H. SSW, Nürnberg, Katzwangerstr. 150

Direktor Dr. W. Kieser, i./H. Felten & Guillaume Carlswerk, Köln-Mülheim

Prof. Dr. Schwenkhagen, Wuppertal-Vohwinkel, Rubensstr. 4

Prof. Dr.-Ing. F. Moeller, Technische Hochschule Braunschweig, Mühlenpfordtstr. 307

Prof. Dr.-Ing. Hch. Fischer, Karlsruhe/Bd., Schirmerstr. 6

Prof. Dr.-Ing. Nürnberg, Techn. Universität Berlin-Charlottenburg, Jebensstr. 1

Prof. Dr. Dr.-Ing. K. W. Wagner, Friedrichsdorf/Taunus, Hauptstr. 61

Präsident Wosnik, Düsseldorf, Karl-Theodor-Str. 10

Entwicklung und Aufbau des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V. (VDE)

Neugefaßt im März 1951¹⁾.

1. Die geschichtliche Entwicklung

Führende Männer der Deutschen Elektrotechnik gründeten am 22. Januar 1893 in Berlin den VDE. Die Liebe zur Wissenschaft sollte der Leitstern, die Förderung des Fortschrittes in der Elektrotechnik und die Verbreitung sowie die Vertiefung der gewonnenen Erkenntnisse sollten das Ziel des Verbandes sein, das er während seines langen Bestehens nie aus den Augen verlor. Die Zahl der Einzelvereine, aus denen sich der Verband zusammensetzte, stieg von 9 Vereinen im Jahre 1900 auf 33 Vereine im Jahre 1933.

Der Zusammenbruch Deutschlands im Jahre 1945 bedeutete praktisch ein vorläufiges Aufhören der Tätigkeit des VDE.

In Berlin, dem damaligen Verbandssitz, wurde durch die zuständige britische Besatzungsmacht für den VDE ein Treuhänder eingesetzt. Mit Ausnahme des Vortragswesens, das auf behördliche Anweisung eingestellt werden mußte, konnten die eigentlichen Arbeiten der Zentrale des VDE schrittweise von einem kleinen Stamm hochwertiger Sachbearbeiter wieder in Gang gebracht werden, nachdem einige Räume des ausgebrannten VDE-Hauses hierfür wieder instandgesetzt waren. Es handelte sich dabei vor allem um die Betreuung der VDE-Vorschriften, Arbeiten der VDE-Prüfstelle, Nutzbarmachung der Bestände des ETZ-Verlages, Neubildung der wichtigsten FNE-Ausschüsse, Aufnahme der Normungsarbeiten sowie Werbung neuer VDE-Mitglieder in Berlin und Wiederanknüpfung der Beziehungen zu den sonstigen VDE-Bezirken und VDE-Verlagerungsstellen.

Mit Kommandanturbefehl vom 6. 5. 1946 wurde der VDE aufgelöst und am 11. 5. 1946 das VDE-Haus und der VDE Berlin unter Vermögenskontrolle gestellt. Dieser VDE i. Lique. konnte noch bis 31. 12. 1946 seine Arbeiten abwickeln; dann mußte das VDE-Haus geräumt und die Tätigkeit endgültig eingestellt werden.

Die mühsam in Gang gesetzten Arbeiten am VDE-Vorschriftenwerk und an den Normen der Elektrotechnik erhielten auf Initiative maßgeblicher Kreise der Berliner Elektrotechnik auf Grund einer Vereinbarung mit dem „Deutschen Normenausschuß“ in Berlin eine vorläufige Pflegestätte in dieser Organisation, die neben einer neu geschaffenen Prüfstelle bereits arbeitsfähig war.

Im Westen Deutschlands konnte dagegen ein neuer VDE schrittweise wieder aufgebaut werden. Es wurde, nachdem fast gleichzeitig

¹⁾ Vom Vorstand des VDE genehmigt im März 1951. — Als VDE-Arbeit mit der Bezeichnung VDE 0020/3. 51 erschienen.

in der britischen und amerikanischen Zone sich VDE-Mitglieder zum Wiederaufbau von VDE-Bezirksvereinen zusammengefunden hatten, am 16. 10. 1946 der „VDE Britische Zone“ in Wuppertal und am 17. 1. 1947 die „Arbeitsgemeinschaft der Elektrotechnischen Vereine in der amerikanischen Zone“ in Stuttgart gegründet, die sich am 21. 3. 1947 zur „Bizonalen Arbeitsgemeinschaft“ zusammenschlossen. Damit waren die durch die damaligen Gesetze gegebenen Möglichkeiten zu Zusammenschlüssen zunächst ausgenutzt. Sobald überzonale Organisationen gestattet wurden, vollzogen Vertreter der örtlichen Vereinigungen am 16. 5. 1949 in Bacharach die Gründung des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE) im vereinigten Wirtschaftsgebiet“ mit dem Sitz in Frankfurt a. M. Er konnte am 23. 3. 1950 in das Vereinsregister eingetragen werden.

2. Die Organisation

Zur Zeit bilden 21 Mitgliedsvereinigungen im Bundesgebiet den VDE. Daneben bestehen noch Vereine in Berlin und in Südbaden. Sie entsenden Delegierte in die Delegiertenversammlung, die die Mitgliederversammlung des VDE im Sinne des Bürgerlichen Gesetzbuches darstellt. Ihr obliegt u. a. die Wahl des Vorsitzenden und der Vorstandsmitglieder.

Zur Durchführung seiner Aufgaben unterhält der VDE eine Geschäftsstelle, die von dem Generalsekretär geleitet wird.

Die Geschäftsstelle umfaßt:

Das Sekretariat des VDE, dem die allgemeine organisatorische Verwaltung obliegt und das nach den Weisungen des Vorsitzenden und des Generalsekretärs die Beschlüsse des Vorstandes erledigt, die Vorschriftenstelle, die das Vorschriftenwerk und die hierfür berufenen Kommissionen betreut,

die Prüfstelle, die Prüfungen, insbesondere nach den VDE-Bestimmungen, vornimmt, für Genehmigungen zur Führung der VDE-Zeichen zuständig ist und Vorarbeiten für technische Aufgaben des VDE leistet.

Der Vorstand hat zu seiner Unterstützung und Beratung folgende Ausschüsse berufen:

Der Technische Ausschuss befaßt sich mit allen grundsätzlichen Fragen des VDE-Vorschriftenwerkes und beruft die Mitglieder der VDE-Kommissionen.

Der Prüfstellenausschuss behandelt alle Fragen, die bei der Tätigkeit der Prüfstelle auftreten.

Der Zeitschriftenausschuss ist zuständig für das Fachschrifttum, vor allem für das Zeitschriftenwesen des VDE.

3. Die Jahresversammlung

Der VDE ist seit jeher bestrebt, das bei seiner Gründung festgelegte und seither nicht geänderte Programm zu erfüllen. Hierzu dient auch die Jahresversammlung, deren erste im September des Gründungs-

jahres 1893 nach Köln einberufen wurde. Diese alljährlich stattfindenden Zusammenkünfte bieten den Mitgliedern Gelegenheit, durch Vorträge und anschließende Aussprachen ihre Ansichten über aktuelle technische Fragen auszutauschen und durch gesellige Veranstaltungen einander persönlich näherzutreten. Nur während der beiden Weltkriege und in den Nachkriegszeiten mußten diese Versammlungen in einigen Jahren ausfallen. Seit 1926 erscheinen die wissenschaftlichen Vorträge der Jahresversammlungen unter dem Titel „VDE-Fachberichte“ auch in Buchform. Ein Gesamtinhaltsverzeichnis der ersten zehn Bände wurde 1939 herausgegeben.

4. Das Zeitschriftenwesen

Organ des VDE ist die seit 1880 erscheinende „Elektrotechnische Zeitschrift“ (ETZ). Sie dient der Veröffentlichung sämtlicher Mitteilungen, Bekanntmachungen und Arbeiten des Verbandes und gibt als Zentralblatt der Elektrotechnik einen Überblick über alle wichtigen Entwicklungen auf elektrotechnischem Gebiet.

Neben der Herausgabe der ETZ bemüht sich der VDE, seinen Mitgliedern den verbilligten Bezug von Zeitschriften für Spezialgebiete der Elektrotechnik zu ermöglichen.

Die ETZ, die VDE-Fachberichte, das VDE-Vorschriftenwerk usw. erscheinen bei der VDE-Verlag-GmbH.

5. Die Bücherei

Die großen Verluste an technisch-wissenschaftlicher Literatur hemmen in Deutschland vielfach die Durchführung praktischer Aufgaben. Glücklicherweise blieb die VDE-Bücherei mit über 10 000 Titeln erhalten. Sie ist zur Zeit im Landesgewerbemuseum Stuttgart-N, Kienestraße 18, untergebracht und steht allen Elektrotechnikern zur Verfügung.

6. Das Vortragswesen

Die technisch-wissenschaftliche Fortbildung der VDE-Mitglieder erfolgt beim VDE vornehmlich durch regelmäßige Vortragsveranstaltungen, Lehrgänge, Besichtigungen u. dgl., die von den Mitgliedsvereinigungen unter gegenseitiger Fühlungnahme durchgeführt werden. Das Vortragsprogramm richtet sich nach den Wünschen und Bedürfnissen der jeweiligen Vereine. Durch dieses Vortragswesen hat der VDE von jeher zur Förderung der deutschen Elektrotechnik und ihrer Träger beigetragen.

7. Das Vorschriftenwerk

Die wichtigste Arbeit des VDE besteht seit seiner Gründung in der Aufstellung von Vorschriften und in der Mitarbeit an der elektrotechnischen Normung. Hierbei ist besonders bedeutungsvoll, daß der VDE in freiwilliger Selbstverwaltung unter Zuziehung aller interessierten Kreise — einschließlich der Behörden — nicht nur allgemeine

technische Vorschriften, sondern auch in besonderem Maße Sicherheitsvorschriften zum Schutze der Bevölkerung schafft. Diese Sicherheitsvorschriften sind seit Bestehen des VDE in regelmäßigen Abständen von den zuständigen Behörden als anerkannte Regeln der Technik erklärt worden, so daß sich die Aufstellung besonderer behördlicher Vorschriften — wie auf manchen anderen Gebieten der Technik — erübrigt hat. So legt die 2. Durchführungsverordnung zum Energiewirtschaftsgesetz vom 31. 8. 1937 fest, daß alle elektrischen Energieanlagen und Energieverbrauchsgeräte nach anerkannten Regeln der Elektrotechnik einzurichten und zu unterhalten sind und daß als Regeln der Elektrotechnik die Bestimmungen des VDE gelten (VDE 0050 „Energiewirtschaftsgesetz und VDE-Bestimmungen“).

Die VDE-Vorschriften werden laufend dem jeweiligen Stand der Technik angepaßt. Sie wurden erstmalig im Jahre 1904 zu einem VDE-Vorschriftenbuch zusammengefaßt, das 1941 die 23. Auflage erreichte. Die zur Zeit in Herstellung befindliche 24. Auflage wird voraussichtlich 2500 Seiten enthalten und in 8 Teilbänden erscheinen, von denen der 1. Band vorliegt.

Über die Bedeutung und das Zustandekommen des VDE-Vorschriftenwerkes gibt VDE 0022 nähere Auskunft.

8. Die Normung in der Elektrotechnik

Der VDE hat bereits seit seinem Bestehen Normen für die Elektrotechnik als Gemeinschaftsarbeit aller Beteiligten aufgestellt. Im Jahre 1917 wurde der „Normenausschuß der Deutschen Industrie“ gegründet, in dessen Rahmen die ersten Normen im heutigen Sinne vom VDE mit dem im März 1918 gegründeten „Zentralverband der Elektrotechnischen Industrie“ ausgearbeitet wurden. Der VDE war somit Träger der elektrotechnischen Normung, bis im Jahre 1941 die Normungsarbeiten auf den „Fachnormenausschuß Elektrotechnik (FNE) im Deutschen Normenausschuß (DNA)“ übergingen, der nunmehr als Gemeinschaftsorgan aller an der Normung der Elektrotechnik interessierten Kreise zu betrachten ist.

Durch seine Fachleute arbeitet der VDE auch in weiteren Fachausschüssen des DNA mit, so daß die Einheitlichkeit des Vorschriften- und Normenwerkes der Elektrotechnik gewährleistet ist.

9. Die Prüfstelle

In jahrelanger Zusammenarbeit haben weite Kreise der Elektrotechnik in uneigennütziger Weise ihre Erfahrungen für die Arbeiten des VDE zur Verfügung gestellt, um die Sicherheit elektrischer Anlagen und Geräte dem Stand der deutschen Elektrotechnik anzupassen.

Mit zunehmender Anwendung der VDE-Bestimmungen ergab sich die Notwendigkeit, die diesen Bestimmungen entsprechenden Geräte zu kennzeichnen. Aus diesem Grunde wurde im Jahre 1920 in Berlin eine Prüfstelle des VDE geschaffen, der die Aufgabe zugewiesen wurde, elektrotechnische Gegenstände (Installationsmaterial, Ver-

brauchsgeräte, Leitungen u. dgl.) daraufhin zu prüfen, ob sie den VDE-Bestimmungen entsprechen, und außerdem Vorbereitungen zur Lösung technischer Aufgaben des VDE zu leisten. Die Grundlagen der Prüfstellentätigkeit sind in VDE 0024 „Prüfstelle und Prüfzeichen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V. (VDE)“ behandelt.

10. Die Zusammenarbeit des VDE mit anderen Körperschaften

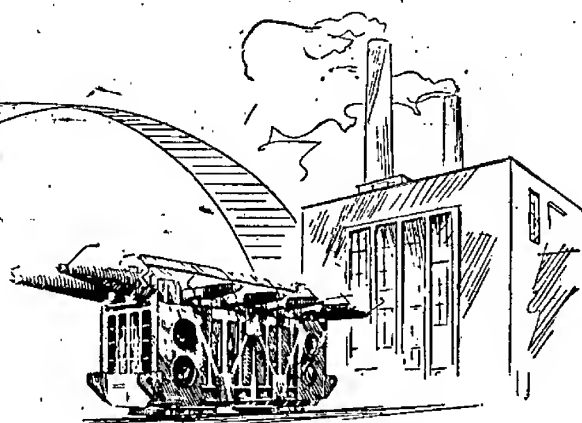
Neben der Mitarbeit im DNA fördert der VDE jede Form der Gemeinschaftsarbeit mit anderen technischen Vereinigungen. So ist er erneut Mitgründer des 1948 wiedergegründeten „Deutschen Verbandes technisch-wissenschaftlicher Vereine“. An den Bestrebungen des „Ausschusses für Einheiten und Formelgrößen“ (AEF), des „Ausschusses für Blitzableiterbau“ (ABB), des „Deutschen Verbandes der Gas- und Wasserfachmänner“ (DVGW) und der „Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen e. V.“ nimmt der VDE durch Mitarbeit regen Anteil. Darüber hinaus hält er enge Fühlung zu dem „Zentralverband der Elektrotechnischen Industrie“ (ZVEI), der „Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke“ (VDEW), zahlreichen technisch-wissenschaftlichen Vereinen (z. B. dem VDI), den technischen Organisationen, Behörden u. dgl. Schließlich werden die Bestrebungen der „Arbeitsgemeinschaft der technisch-wissenschaftlichen Bibliotheken“ durch den VDE unterstützt.

11. Der VDE und die ausländischen elektrotechnischen Organisationen

Die Tätigkeit des VDE beschränkt sich nicht nur auf die Vertretung der deutschen Elektrotechnik im Inland. Bereits im Jahre 1906 bei der Gründung der Internationalen Elektrotechnischen Commission (IEC) in London war der VDE als die maßgebende Vertretung der deutschen Elektrotechnik wesentlich beteiligt. Seit 1932 nahm er an den Arbeiten der im Jahre 1922 gegründeten „Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à Haute Tension“ (CIGRE) und seit 1933 auch an den Arbeiten der Installationsfragen-Kommission (IFK) teil. Er hat mit Ausnahme der Kriegsjahre und der ersten Nachkriegsjahre laufend bei der Aufstellung von internationalen Festlegungen mitgearbeitet.

Zur Zeit steht der VDE mit den maßgebenden Organisationen des Auslandes erneut in schriftlichem Gedankenaustausch. Zur Bearbeitung der durch diese Korrespondenz mit der „International Commission on Rules for the Approval of Electrical Equipment“ (CEE) — Nachfolgeorganisation der IFK — auftretenden Fragen gründete der VDE den „Deutschen Ausschuß für CEE-Fragen“ (DA-CEE). Der VDE wird — getreu seiner Tradition — bemüht bleiben, die internationale Zusammenarbeit weiter zu fördern.


SIEMENS



Wandertransformator

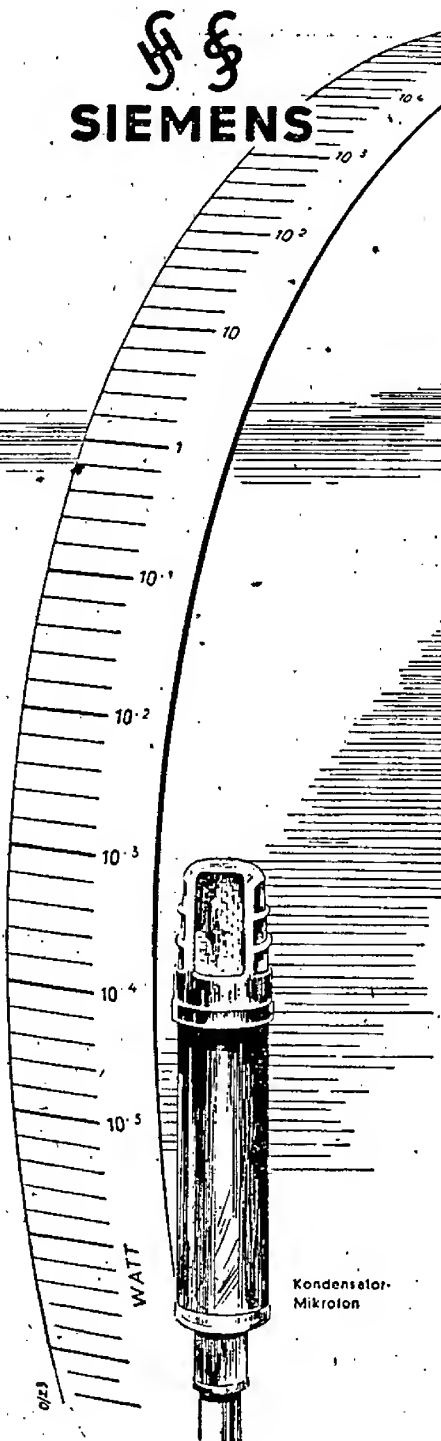
Millionstel bis Millionen Watt

Das Schaffen des Hauses SIEMENS reicht
in alle Zweige der Elektrotechnik.

Die dargestellte Wattskala veranschaulicht
die Leistungsgrenzen, zwischen denen sich
das Band unseres Fertigungsprogrammes
spannt:

Von Millionstel Watt und darunter als Ein-
gangsleistung von Mikrofonen bis zu 100
und mehr Millionen Voltampere Leistungs-
abgabe bei Wandertransformatoren.

In jedem Erzeugnis sind Erfahrungen aus mehr
als hundertjähriger Arbeit auf allen Teilge-
bieten der Elektrotechnik nutzbar gemacht.



Kondensator-
Mikrofon

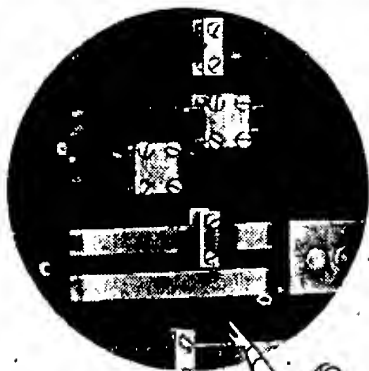
SIEMENS & HALSKE AG · SIEMENS · SCHUCKERTWERKE AG

Anlagen, die man sich auch von innen besehen darf



Teilansicht eines Kesselhauses • Links die Schaltverteilungsanlage, ein Klöckner-Moeller-Großverteiler Type SK 7 von 19,5 m Länge • Sammelschienenbelastung 1000 A

51/3



Der Anschluß der Verbindungsleitungen zu den Geräten erfolgt an den Sammelschienen durch doppelseitig angeordnete Klemmplatten, die durch kräftige Schrauben gegeneinander angezogen werden. Eine sichere Verbindung, die unzulässige Erwärmung vermeidet.



Große Anlagen imponieren oft durch ihr solides äußeres Aussehen. Das darf den Betriebsmann jedoch nicht dazu verleiten, der Innenausstattung weniger Aufmerksamkeit zu schenken. Bei elektrischen Verteilungsanlagen hängt die Betriebssicherheit nicht allein von den äußeren Ausmaßen ab.

Weit wichtiger als diese sind die Güte der Schaltgeräte, Ausführung der Installation, Sauberkeit der Leitungsverbindung, Beschaffenheit der Verbindungsklemmen an den Sammelschienen, die Größe der Kriechwege zwischen den stromführenden Teilen und die Spannungsabstände im Sammelschienenkasten.

Auf diese Einzelheiten, die für die Betriebssicherheit einer Anlage entscheidend sind, wird bei Klöckner-Moeller besonderer Wert gelegt. Zweckmäßige solide Konstruktion der Anlagenteile, saubere Installation, sorgfältige Montage, hohe mechanische und elektrische Lebensdauer der Schaltgeräte und eingehende Prüfung der fertigen Verteilungen sind die Vorzüge der Klöckner-Moeller-Anlagen.

Seit Jahrzehnten findet man in sämtlichen Zweigen der Industrie, - u. a. in Hüttenwerken, Zechen, chemischen Betrieben, Maschinenfabriken, - Klöckner-Moeller-Verteilungen, die wegen ihrer platzsparenden und übersichtlichen Bauweise sowie ihrer Betriebssicherheit einen guten Ruf genießen.

Fordern Sie bitte unverbindlich unsere Listen an!

KLÖCKNER-MOELLER-BONN

ELEKTRISCHE SCHALTGERÄTE • GEKAPSELTE STEUERUNGEN • VERTEILUNGSANLAGEN



Elektrotechnischer Verein Aachen e.V.

im Verband Deutscher Elektrotechniker

Geschäftsstelle: Aachen, Weberstraße 57, Telefon: 30 402, Postscheckkonto: Köln 125 884
Vorsitzender: Thoma, Rudolf, Baurat a. D. Dipl.-Ing., Aachen, Weberstraße 57
stellv. Vorsitzender: Aschoff, Volker, Prof. Dr. Ing. habil, Techn. Hochschule, Aachen, Templergraben
Beisitzer: Wegener, Ober-Ing., Aachen, Colynshofstr. 43
Schriftführer: Buntzel, Max, Direktor, Brand bei Aachen, Heidestraße 5
Kassenwart: Joepen, Hans, Ing., Aachen, Schenkendorfstraße 22

Ahlbach, Theodor, Ing., Kohlscheid, Weststr. 106.	Fischer, F. H., Ing., Eschweiler, Neustr. 21.	Keve, Thomas, Dipl.-Ing., Monschau, Stadtstr. 19.
Aschoff, Volker, Prof., Dr.-Ing. habil., Aachen, Techn. Hochschule.	Flegler, Prof., Dr.-Ing. habil., Aachen, Försterstr. 25.	Kroemer, Helmut, Dr.-Ing., Stolberg-Büsbach, Auf der Lysten 4.
Baur, Adolf, Dipl.-Ing., Eschweiler, Röherstr. 55.	Fuhs, Franz, Ing., Aachen, Wingersberg 8.	Küppers, Hubert, Elektro-Masch.-Baumstr., Aachen, Monheimsallee 8.
Becker, Josef, Ing., Aachen, Kleinmarschierstr. 25/27.	Funke, Adolf, Dir., Dipl.-Ing., Aachen, Preußweg 62.	Laaks, Hans, Dipl.-Ing., Ratheim, Bahnhofstr. 6.
Beissel, Ing., Eschweiler, Bahnhofstr. 18.	Garbe, Heinrich, Dir., Dipl.-Ing., Aachen, Försterstr. 25.	Lau, Lothar, Dipl.-Ing., Aachen, Heinrichsallee 15.
Bell, Dipl. Ing., Aachen, Theaterstraße 90.	Giese, Bernhardt, Dipl.-Ing., Brand, Erckner Str. 11.	Lauffs, Georg, Dipl.-Ing., Aachen, Theaterplatz 3.
Bille, Hans, Prof., Eschweiler, Parkstr. 10.	Gilson, Wilhelm, Dr.-Ing., Eschweiler, Dürener Str. 92.	Lersmacher, Dipl.-Ing., Düren, Neue Jülicher Str. 60.
Bilo, Rudolf, Ing., Aachen, Steubenstr. 6.	Goebbels, Ludwig, Ing., Aachen, Vereinsstr. 19.	Lessenich, Wilhelm, Dipl.-Ing., Aachen, Franzstr. 49 (Borngasse).
Boekels, Hans, Dr.-Ing., Aachen, Kupferstr. 1.	Gollnick, Erich, Ober-Ing., Bad Godesberg, Clemens-August-Straße 49.	Lethen, Robert, Dipl.-Ing., Lammersdorf ü. Aachen-Land I.
Brüderlink, Robert, Prof., Dr.-Ing., Aachen, Technische Hochschule.	Grittner, Guido, Dipl.-Ing., Aachen, Monheimsallee 25.	Lorenzen, Karl, Betr.-Dir. a. D., Baesweiler, Langgaue 19.
Brüning, Bernhard, Dipl.-Ing., Aachen, Lütticher Str. 123.	Groteclaus, Viktor, Elektro-Mstr., Aachen, Jülicher Str. 51/53.	Lynen, Hans A., Dipl.-Ing., Eschweiler, Hovermühle 12.
Buntzel, Max, Dir., Brand, Heidestraße 5.	Hackenberg, Hugo, Ing., Kohlscheid, Weststr. 68.	Manger, Fritz, Ob.-Ing., Aachen, Bismarckstr. 172.
Commes, Theodor, Dipl.-Ing., Aachen, Pipinstr. 10.	Heiles, Franz, Dr.-Ing., Aachen, Salierallee 23 a.	Maurer, Otto, Dipl.-Ing., Aachen, Viktoriastr. 49.
Conninx, Paul, Dipl.-Ing., Eschweiler, Franzstr. 19.	Helfmeyer, Karl, Ing., Mariaweiler ü. Düren, Rurstr. 1.	Max, Hans, Dipl.-Ing., Aachen, Theaterstr. 106.
De Rop, Camille, Dir., Aachen, II. Rote Haagweg.	Heyden, Johann, Ing., Aachen, Adalbertsteinweg 274.	Michelbacher, Peter, Ing. u. Prok., Eschweiler, Dr.-Martin-Luther-Straße 13.
Derichs, Josef, Ing., Aachen, Alt-Straße 25.	Höfken, Heinz, Ing., Brand, Trierer Str. 104.	Mohr, Karl, Ing., Aachen, Theaterstr. 106.
Dicks, Hans, Dr.-Ing., Lammersdorf ü. Aachen-Land I.	Hogrebe, Wilhelm, Dr.-Ing., Aachen, Frankenberger Str. 3.	Mülleians, Bernhard, Ing., Aachen, Ronheider Weg 76.
Dobbelstein, Peter, Ing., Eschweiler, Kochsgasse 1.	Jochems, Wilhelm, Ober-Ing., Aachen, Rolandstr. 18.	Müller-Hanpft, Hans, Dipl.-Ing., Aachen, Heinrichsallee 12.
Domnick, Erwin, Dipl.-Ing., Aachen, Heinrichsallee 76.	Joepen, Hans, Ing., Aachen, Schenkendorfstr. 22.	Nickel, Eugen, Ing., Aachen, Burgstr. 18.
Duesing, Ernst, Dipl.-Ing., Kohlscheid, Ebertstr. 30.	Joerissen, Joh., Ing., Erkelenz, Am Wasserturm 8.	Nickel, Max, Dipl.-Ing., Aachen, Casinostr. 48.
Ettinger, Dipl.-Ing., Oberbruch-Dremmen, Bahnhofstr. 60.	Junker, Otto, Fabrikant, Lammersdorf ü. Aachen-Land I.	Nutsch, Bernhard, Dipl.-Ing., Aachen, Pontdrisch 10.

Pape, Hermann, Dipl.-Ing.,
Aachen, Blücherplatz 34.
Permantier, Josef, Ing., Aachen,
Lütticherstr. 154.
Pilgram, Jakob, Ob.-Ing., Kohl-
scheid, Ebertstr. 64.
Plenz, Dr.-Ing., Eschweiler, Lang-
wahn 54.
Prümm, Josef, Elektrom., Würse-
len, Oppener Str. 30.
Pütz, Peter, Ing., Aachen, Schön-
forststr. 6.

Reinartz, Peter, Mont.-Insp.,
Aachen, Blücherplatz 12.
Röhrig, Josef, Dr.-Ing., Brand,
Stolberger Str. 70.
Rolland, Robert, Dipl.-Ing., Röt-
gen, Reichsstr. 105.
Roskamp, Anton, Ing., Herzogen-
rath, Schützenstr. 4.
Roth, Willy, Ing., Düren-Gürze-
nich, Aachener Landstr. 94.
Rütters, Josef, Dipl.-Ing., Lam-
mersdorf ü. Aachen-Land I.
Ruhl, Kurt, Ing., Aachen, Seil-
graben 7.

Schatz, Oskar, Baurat, Aachen,
Preußweg 115.
Scheffer, Friedrich, Ob.-Ingenieur,
Brand, Trierer Str. 104.
Schings, Peter, Dir., Dipl.-Ing.,
Aachen, Adalbertsteinweg 59/61.
Schlebusch, Ludwig, Dr.-Ing., Pa-
lenberg, Heidberg 12.
Schroeder, Richard, Dr.-Ing.,
Aachen, Süsterfeld 18.

Schulz, Richard, Dr. jur., Dipl.-
Ing., Aachen, Rüttscher Str. 44.
Schulzen, Hans, Dipl.-Ing., Düren,
Jos.-Schregel-Str. 35.
Seebach, Hugo, Ob.-Ing., Esch-
weiler, Parkstr. 18.
Senst, Wilh., Direktor, Düren,
Tivolistr. 24.
Spielmans, Gottfr., Dipl.-Ing.,
Aachen, Lütticher Str. 168.
Stach, Hans, Dr.-Ing., Aachen,
Arndtstr. 16.
Stahl, Willy, Ing., Heimbach/Eifel,
Eichelberger Str. 860.

Thielen, Heinz, Dr.-Ing. habil.,
Eschweiler, Liebfrauenstr. 15.
Thoma, Rudolf, Baurat, Dipl.-Ing.,
Aachen, Weberstr. 57.
Thoma, Wilhelm, Ing., Eschweiler,
Stolberger Str. 41.
Thönnissen, Franz, Ing., Heins-
berg, Hochstr. 27.
Töpfer, Eugen, Ing., Aachen,
Groß-Kölnstr. (Markt-Passage).

Vigener, Walter, Ing., Aachen,
Ottostr. 65/67.

Wahlen, Heinz, Ing., Brand,
Heidestr. 5.
Walbaum, Hans Paul, Dipl.-Ing.,
Aachen, Flandrische Str. 16.
Walbeck, Jakob, Dr.-Ing., Weis-
weiler über Eschweiler, Esch-
weiler Str. 3.
Weihrach, Josef, Ob.-Ing.,
Aachen, Robensstr. 73.

Wegener, Ob.-Ing., Aachen, Co-
lynshofstr. 43.
Wegener, Willy, Direktor,
Aachen, An der Schanz 14.
Weiß, Kurt, Ing., Stolberg, Rat-
hausstr. 36.
Wimmer, Heinz, Dipl.-Ing., Heim-
bach/Eifel, Hauptstr. 85a.
Wißler, Ferdinand, Ing., Aachen,
Jülicher Str. 210.
Wolff, Heinrich, Steiger, Barden-
berg, Niederbardenberger Str. 6.
Zander, Hermann, Ing., Aachen,
Colynshofstr. 45.

Korporative Mitglieder

Aachener Straßenbahn- und Ener-
gieversorgungs A.-G., Aachen,
Adalbertsteinweg 59/61.
Elektrowärme G. m. b. H., Brand,
Stolberger Str. 76.
Eschweiler Bergwerksverein (EBV),
Kohlscheid, Roermonderstr. 25.
Garbe, Lahmeyer & Co., A.-G.,
Aachen, Jülicher Str. 191.
Gebr. Hannemann & Co., Düren.
Isola-Werke A.-G., Birkesdorf b.
Düren.
Carl Kalde & Co., Aachen, Box-
graben 73.
Kerpen & Co., G. m. b. H., Stol-
berg, Vichterstr. 5.
Rhein. Licht- und Kraftwerke G.
m. b. H., Brand.
Siemens-Schuckert-Werke A.-G.,
Aachen, Theaterstr. 106.
Stadtwerke Jülich, Jülich.

Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) Bezirk Westfalen-Ost

Geschäftsstelle: Bielefeld, Wilh.-Bertelsmann-Str. 8, Telefon: Bielefeld 63 151, Nbst.: 299.
Postscheckkonto: Hannover 1066.

Vorsitzender: Borggräfe, Karl, Oberpostdirektor Dipl.-Ing., Bielefeld, Luisenstr. 3.

stellv. Vorsitzender: Quantz, Otto, Dipl.-Ing., Bielefeld, Stadtwerke.

Schriftführer u.

Kassenwart: Schwach, Günther, Ing., Herford (Westf.), Lützwowstr. 13.

Achmus, Walter, Ing., Osnabrück-
Eversburg, Hersener Str. 60.
Albrecht, Emil, Dipl.-Ing., Biele-
feld, Am Ostpark 1.
Angern, Edm., Ober-Ing., Biele-
feld, Weidenstr. 10.

Baehr, Hugo, Ing., Osnabrück,
Rehmstr. 30.
Balzer, Willy, Ing., Osnabrück,
Bonnusstr. 2.
Bauer, Everhard, Bad Lippspringe,
Bahnhofstr. 5.
Bensick, Walter, Ing., Borgholz-
hausen, Oldendorfer Str. 30.
Böke, Karl, Ing., Barkhausen a.
d. Porta, Freilichtbühne.
Borcherding, Wilh., Ing., Wersen-
Halen, Kr. Tecklenburg Nr. 12.

Borggräfe, Karl, Dipl.-Ing., Biele-
feld, Luisenstr. 3.
Breitenreiter, Günther, Dipl.-
Ing., Osnabrück, Liebigstr. 22.
Busch, Helmut, Ing., Orbke Nr. 9
bei Detmold.

Disquè, Carl, Ing., Osnabrück,
Bülowsstr. 5.
Drühe, Jos., Dipl.-Ing., Pader-
born, Königstr. 80.

Eismann, Josef, Dipl.-Ing., Biele-
feld, Paulusstr. 43.
Eppmann, Heinrich, Dipl.-Ing.,
Bennien, Kr. Melle.

Faeser, Hugo, Minden i. Westf.,
Steinstr. 6.

Friedrich, Wilhelm, Dir., Lage-
Lippe, Hermannstr. 37.
Fuchs, Josef, Ing., Georgsmarien-
hütte, Kr. Osnabr., Rehlbg. 1 a.

Gees, Franz, Paderborn, Tegel-
weg 37.
Gehrhart, Fritz, Ing., Bielefeld,
Am Sparenberg 22.
Giese, Hch., Ingenieur, Lippstadt,
Churchill-Barracke.
Giese, Werner, Ob.-Ingenieur,
Löhne (Westf.), Königstr. 29.
Gundlach, Günter, Ing., Bad Salz-
ufflen, Osterstr. 58.
Gürth, Franz, Ing., Osnabrück,
Moorlandstr. 18.
Guttmann, Heinrich, Dipl.-Ing.,
Osnabrück, Möserstr. 47.

- Hanke, Hans, Dr.-Ing., Münster, Langemarkstr. 40a.
Hanning, Dir., Bielefeld, Stadtwerke.
Heese, Eberhard, Ing., Hauenhorst ü. Rheine 104.
Heinecke, Arthur, Ing., Herford, Am Gange 9.
Heise, Rolf, Ing., Bielefeld, Rolandstr. 30.
Hennebühl, Hans, El.-Msch.-Bau-mstr., Osnabrück, Fürstenauerweg 12.
Hering, Herbert, Ing., Hausberge a. d. Porta, Faulenstiek 12.
Hermann, Walter, Ing., Bramsche, Münsterstr. 16.
Herzog, Emil, Ing., Osnabrück, Kommanderie 124.
Heuvel, Van den, Ing., Detmold, Alter Postweg 40.
Hoesch, Walter, Ing., Bielefeld, Schulstr. 15.
Hoppe, Karl, Ing., Osnabrück, Bohmter Str. 6.
Hurdelbrink, Hermann Ing., Jegen b. Osnabrück, Nr. 24.
Husemann, Fritz, Gütersloh i. W., Blessenstätte 10/16.

Jacken, Johann, Dipl.-Ing., Bielefeld, Mozartstr. 14.
Joksch, Fritz, Ing., Osnabrück, Hauswörmannsweg 80.

Kamloth, Helmuth, Ing., Bielefeld, Hermannstr. 40.
Klein, Erich, Dipl.-Ing., Wett-ringen über Rheine, Grüner Weg 2.
Klimek, Erwin, Ing., Georgs-marienhütte, Glückaufstr. 23.
Kraft, Paul, Dalhausen, Kr. Höx-ter, Hauptstr. 16.
Krohe, Hansgünther, Ing., Ge-orgsmarienhütte, Wellenkamp-straße 10.
Kunze, Friedr., Dipl.-Ing., Bielefeld, Weidenstr. 10.
Kurze, Arthur, Ing., Gütersloh, Eickhoffstr. 27.

Lange, Hch., Dipl.-Ing., Direktor, Paderborn, Tegelweg 25.
Langenau, Hellmut, Lemgo-Lippe, Breite Straße 10.
Langheineken, Fritz, Ing., Osnabrück, Lotterstr. 90.
Leinemann, Alfred, Lengerich (Westf.), Lienenerstr. 33.
Lüdeling, Heinrich, Dipl.-Ing., Gütersloh, Barkeystr. 32.
Lühr, Friedrich, Dipl.-Ing., Bünde (Westf.), Bodelschwingstr. 9.

Maderwald, Edgar, Ing., Osnabrück, Lange Str. 56.
Millitz, Ernst, Dipl.-Ing., Osnabrück, Alte Poststr. 19.
Montag, Ludgerd, Osnabrück, Bruchdamm 31.
Moratz, Werner, Ing., Melle, Postfach.
Müller, Gerhard, Ing., Osnabrück, Knollstr. 73.

Neumann, Franz, Natbergen Haus Nr. 32, Post Lüstringen, Kreis Osnabrück.

Obenhaus, Hans, Ing., Bielefeld, Prieballee 4.

Philipp, Alois, Ingenieur, Herford, i. W., Karlstr. 44.
Pier, Hans, Ingenieur, Hesepe-Bramsche, Bahnhofstr.
Piper, Wilhelm, Ing., Osnabrück, Rothenburger Str. 17.
Plate, Helm, Ing., Steinhagen 79.
Pöhlitz, Georg, Dipl.-Ing., Bünde, Klinkstr. 6.

Quantz, Otto, Dipl.-Ing., Bielefeld, Stadtwerke.

Rethmeyer, Ludwig, Ing., Lage, L.-von-Cölln-Str. 7.
Rode, Werner, Ing., Osnabrück, Tannenburgstr. 73.
Rutschmann, Edwin, Ing., Herford, Hallerweg 1.

Schebitz, Walter, Dipl.-Ing., Osnabrück, Ibarger Str. 122.
Schlifka, Rudi, Ing., Gütersloh, Ohlbrocksweg 86.
Schmidt, Erwin, Dipl.-Ing., Osnabrück, Borsigstr. 15.
Schmitter, Wilh., Ing., Osnabrück, Bergstr. 19.
Schneider, Alfred, Dipl.-Ing., Bielefeld, Schloßhofstr. 43.
Schneider, Walter, Dir., Bielefeld, Schildescherstr. 36.
Schnitzer, Friedr.-Wilh., Dipl.-Ingenieur, Osnabrück, Natruper Straße 64 b.
Schröder, Arthur, Ing., Schlangen i. L., Neue Str. 384.
Schwarz, Karl, Dipl.-Ing., Herford, Lübbertorwall 5.
Schweppe, Werner, Stedefreund 47 über Bielefeld.
Schwetmann, Heinz, Ing., Paderborn, Detmolder Str. 130.
Schwoch, Günther, Ing., Herford, Lützowstr. 13 I.

Soemer, Josef, Ing., Paderborn, Glesekerstr. 19.
Sonneborn, Josef, Ing., Detmold, i. Fa. Controller.
Stelzer, Erwin, Ing., Hamburg, Warburg, Banger 2.
Stemann, August, Ing., Schüt-torf (Nieders.), Kanzlerweg 3.
Stute, Gottfr., Dipl.-Ing., Bielefeld, Stauenhorststr. 142.

Taenzer, Wilhelm, Ing., Bad Oeynhaus, Eidinghausen 188.
Tasch, Otto, El.-Meister, Osnabrück, Ibargerstr. 127.
Terbergen, Ulrich, Dipl.-Ing., Osnabrück, Am Gertrudenberg 1 a.
Tharandt, Erich, Ob.-Ing., Herford, Hermannstr. 9.
Trockels, Friedr., Dir., Herford, EMR.
Tuschen, Franz, Dipl.-Ing., Paderborn, Nordstr. 2.

Vogelsänger, Walter, Ing., Bielefeld, Herforder Str. 132.

Watermann, Friedrich, Ing., Osnabrück, Baumstr. 14.
Welling, Karl, Osnabrück, Schützenstr. 100.
Westerkamp, Wilh., Dipl.-Ing., Osnabrück, Am Bürgergehor-sam 24.
Wider, Robert, Dipl.-Ing., Min-den, Fischerallee 3.
Wigger, H.-H., Dipl.-Ing. Deck-bergern ü. Rinteln a. d. W. 82.
Wölfer, Franz-Hermann, Dipl.-Ing., Georgsmarienhütte, Bez. Osnabrück.
Zienteck, Hans, Dipl.-Ing., Ge-orgsmarienhütte, Karlstr. 6.

Korporative Mitglieder

Aumann, W., Ober-Ing., Löhne i. W., Königstr. 5.
Hiltruper Röhrenwerk G.m.b.H., Hiltrup, Kr. Münster, Industrie-straße 4.
Firma Wilh. Koch KG., Osnabrück, Bohmterstr. 6.
Oberpostdirektion Münster, Mün-ster, Hohenzollernring 56
Osnabrücker Kupfer- und Draht-werke, Osnabrück, Klosterstr. 29.
Stadtwerke Osnabrück, Luisen-str. 14-16.
Westf. Prov. Feuerzozietät Mün-ster, Münster, Zumsandestr. 2.
Werkstätte für Feinmechanik u. Apparatebau

Elektrotechnischer Verein Braunschweig

im Verband Deutscher Elektrotechniker

Geschäftsstelle: Braunschweig, Hochspannungsinstitut der Techn. Hochschule, Telefon:
20 191, Postscheckkonto: Hannover 75 510.

Vorsitzender: Brinkmann, Karl, Dr.-Ing., Braunschweig, Haackelstr. 15.

stellv. Vorsitzender: Ramm, Hans, Ob.-Ing., Dipl.-Ing., Braunschweig, Spitzwegstr. 31.

Schriftführer: Fritzsche, Heinz, Ob.-Ing., Dipl.-Ing., Braunschweig, Händelstr. 3.

Kassenwart: Flatow, Reinhold, Ob.-Ing., Braunschweig, Cellerstr. 92.

Baller, Hans-Georg, Dr.-Ing., Fallersleben, Laagbergweg.

Basse, Gerh., Ing., Braunschweig, Comeniusstr. 13.

Bindewald, Adalberg, Dipl.-Ing., Braunschweig, Humboldtstr. 25.

Bitter, Gerh., Dipl.-Ing., Peine, Goethestr. 17.

Bothmann, Wilh., Dipl.-Ing., Gittelde (Harz), Lange Str. 24.

Breimeier, Hans, Ing., Braunschweig-Lehndorf, St. Wendelstraße 34.

Brennecke, Otto, Dipl.-Ing., Einbeck, Schotteliusstr. 1.

Brinkmann, Karl, Dr.-Ing., Braunschweig, Haackelstr. 15.

Buchholz, Hans, Dipl.-Ing., Braunschweig, Körnerstr. 4.

Büttgen, Wilh., Betr.-Ltr., Braunschweig, Wilhelmstr. 70.

Clevert, Gerh., Dr.-Ing., Helmstedt, Wilhelmstr. 28.

Cohn, Alfred, Goslar (Harz), Reußstr. 4.

Dahmen, Heinr. Herzberg (Harz), Hindenburgstr. 80.

Degenkolbe, Willy, Elektro-Ing., Braunschweig, Kasernenstr. 22.

Diederich, Kurt, Elektro-Meister, Braunschweig, Walkürenring 21.

Dietrich, Werner, Dipl.-Ing., Braunschweig, Helmstedter Straße 14.

Doebler, Fritz, Ingenieur, Braunschweig, Wiesenstr. 3.

Donati, Gerh., Dipl.-Ing., Braunschweig, Gliesmaroder Str. 22.

Ebeling, Günther, Dipl.-Ing., Braunschweig, Steintorwall 7.

Ehrlicher, Otto, El.-Ing., Wolfsburg, Friedrich-Ebert-Str. 43.

Erk, Adil, Dr.-Ing., Braunschweig, Wilhelm-Bode-Str. 3.

Faehse, Hanshorst, cand. el., Braunschweig, Lützowstr. 1.

Fäth, Wilh., Dipl.-Ing., Braunschweig-Lehndorf, Sulzbacher Straße 40.

Fischer, Josef, cand. el., Rautheim ü. Braunschweig.

Flatow, Reinhold, Ob.-Ingenieur, Braunschweig, Celler Str. 92.

Floto, Werner, Dipl.-Ing., Abbenrode 10 ü. Braunschweig.

Fricke, Hans, Dr.-Ing., Braunschweig, Schunterstr. 6.

Fritzsche, Heinz, Ob.-Ing., Braunschweig, Händelstr. 3.

Grunert, Fritz, Ingenieur, Braunschweig, Kasernenstr. 31.

Guericke, Günther, Dipl.-Ing., Braunsch., Münstedter Str. 3.

Häpe, Werner, Dipl.-Ing., Hann.-Kirchrode, Bleekstr. 16 A.

Hartger, Wolfig., Dipl.-Ing., Braunsch., Am Windmühlenberg 5.

Haltendorf, Hans, Elektro-Ing., Goslar (Harz), Astenweg 2.

Hausemann, Fritz, Elektro-Ing., Braunschweig, Luisenstr. 22.

Heine, Hans, Dipl.-Ing., Helmstedt, Goethestr. 20.

Heinrich, Herb., Ing., Braunsch.-Lehndorf, Elvesberger Str. 5.

Hermann, Rud., El.-Ing., Braunschweig, Sophienstr. 11.

Herold, Hans, Ober-Ing., Schöningen, Wilhelm-Raabe-Str. 14.

Herwig, Walter, Dipl.-Ing., Braunschweig, Fallerslebertorwall 3.

Hetzel, Walter, Dr.-Ing., Braunschweig, Postfach 447.

Hinze, Fritz, Ing., Braunschweig-Gliesmarode, Berliner Str. 114.

Hoberg, Ernst, Vollkf., Braunschweig, Steinstr. 1.

Höppner, Rud., cand. el., Braunschweig, Allerstr. 10.

Ibach, Werner, cand. elektr., Burgdorf b. Börßum.

Immel, Ing., Lindau (Harz) über Northeim (Hannover).

Jaich, Rob., Dipl.-Ing., Braunschweig, Andreeplatz 5 a.

Jütting, Hans, Ober-Ing., Braunschweig, Brockenblick 9.

Jungk, Peter, Dipl.-Ing., Meine 62.

Kaestner, Erh., Dipl.-Ing., Braunschweig, Salzdahlumer Str. 199.

Kleefeld, Helmut, Dipl.-Ing., Br.-Gliesmarode, Friedensallee 29.

Klein, Joh., Ober-Ing., Alfeld (Leine).

Koefler, Paul, Prof., Dr.-Ing., Braunschweig, Wilh.-Bode-Straße 45.

Krämer, Bernh., Dir., Dipl.-Ing., Helmstedt.

Krieter, Günther, Ing., Braunschweig, Hans-Jürgen-Str. 8.

Kreft, Helmut, Dr.-Ing., Braunschweig, Riddagshäuserweg 17.

Lamberts, Kurt, Dr.-Ing., Braunschweig, Heinr.-Heine-Str. 21.

Lampe, Erich, Dipl.-Ing., Braunschweig, Augustplatz 3.

Lehrmann, Günther, Dipl.-Ing., Braunschweig, Siegfriedstr. 32.

Lembeck, Gustav, Braunschweig, Fallerslebertorwall 8.

Löloff, Friedr. Max, Ing., Oker (Harz), Pfennigteich 19 I.

Marx, Erwin, Prof. Dr.-Ingenieur, Braunschweig, Am Hohenfelde 7.

Meese, Helmut, cand. el., Braunschweig, Lachmannstr. 4.

Metge, Aug., Ringelheim (H.), Hauptstr. 8.

Moeller, Franz, Prof. Dr.-Ing., Braunschweig, Pestalozzistr. 4.

Molling, Heinz, Holzminden, Ernst-August-Str. 18.

Mühlfeld, Alexander, Dr.-Ing., Braunschweig, Im Seumel 26.

Niehaus, Gerd, cand. el., Braunschweig, Cheruskerstr. 62.

Ohms, Rich., Zählerinsp., Braunschweig, Steinbrecherstr. 18.

Pinkert, Friedr., Dipl.-Ing., Vechelde 103 i. Brswg.

Polte, Osk., El.-Techn., Braunschweig, Schützenstr. 37.

Pungs, Leo, Prof. Dr.-Ing., Braunschweig, Gorch-Fock-Str. 2.

Ramm, Hans, Dipl.-Ing., Braunschweig, Spitzwegstr. 31.

Rasch, Erich, Dipl.-Ing., Braunschweig, Pestalozzistr. 6.

Reiche, Heinr., Dr.-Ing., Braunschweig, Zuckerbergsweg 30.

Reinhardt, Fritz, Dr.-Ing., Clausthal-Zellerfeld (Harz), Robert-Koch-Str. 4.

Rieger, Heinz, Dipl.-Ing., Braunschweig, Roonstr. 13.

Rose, Adolf, Ing., Eitzum über Schöningen (Brswg.).

Roellinghoff, Paul, Braunschweig, Leopoldstr. 3/4.

Salfeld, Ernst, Dir., Dipl.-Ing., Braunschweig, Langerkamp 16.

Sauermann, Karl, Dipl.-Ingenieur, Braunschweig, Blücherstr. 1.	Tautenhahn, Helm., Dipl.-Ing., Mengerlinghausen, Mühlenwasser.	Vogel, Walter, Ob.-Ing., Braunschweig, Zuckerbergweg 46.
Schäfer, Karl, Elektro-Ing., Fallersleben, Schloßplatz 6.	Tendick, Hanns, Ob.-Ing., Braunschweig, Gutenbergstr. 10.	Wagener, Friedr., Ob.-Ing., Goslar (Harz), Dr.-Niepert-Str. 14.
Schäffer, Hans, Dr.-Ing., Braunschweig, Richterstr. 25.	Tolazzi, Herb., Dr.-Ing., Braunschweig, Am Fallerslebertor 8.	Wätzig, Rud., Ing., Braunschweig, An der Paulikirche 3.
Schoppe, Helmut, Ing., Braunschweig, Altstadttring 14.	Trapp, Wolfig., Dipl.-Ing., Braunschweig, Gartenstr. 12.	Weiß, Friedr., Ob.-Ing., Braunschweig, Karlstr. 77.
Schumacher, Walt., Elektro-Ing., Braunschweig, Comeniusstr. 35.	Traupe, Willy - Hans, Dr.-Ing., Braunschweig, Hinter d. Masch 5.	Wittenberg, Bernh., Betr.-Ing., Braunschweig, Parzivalstr. 10.
Seiler, Alb., Elektro-Ing., Bad Harzburg, Am Eichenberg 504.	Thiel, Roman, Dipl.-Ing., Braunschweig - Lehdorf, Beckinger Straße 9.	Wünsch, Hartwig Ing., Nürnberg, Galvanistr. 19 II.
Skjööde, Iver, Zivil-Ing., Helmstedt, Heinrichsplatz 3.	Unger, Franz, Prof. Dr.-Ing., Braunschweig-Gliesmarode, Am Tafelacker 9.	
Sperling, Otto, F., Ing., Braunschweig, Rebenstr. 3.	Vaupel, Friedr., Ob.-Ing., Lautenthal (Harz), Bischofstal 57.	
Sperling, Wolfig., Dipl.-Ing., Braunschweig, Rebenstr. 3.		
Stein, Otto, Dipl.-Ing., Schöppenstedt, Helmstedter Str. 32.		

Korporative Mitglieder

Reichsunfallversicherung, Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, Sektion V, Braunschweig, Bültenweg 88.

Elektrotechnischer Verein Bremen e. V.

Geschäftsstelle: Bremen, Findorffstr. 27, Telefon: 84 041, Girokonto bei der Sparkasse in Bremen Nr. 5338.

Vorsitzender: Dettmar, W., Dr.-Ing., Stadtwerke Bremen A.-G., Bremen, Findorffstr. 27.

stell.v. Vorsitzender: Katzschner, Dr.-Ing., Siemens-Schuckertwerke A.-G., Bremen, An der Schleifmühle 75.

Schriftführer: Schwarmann, Ob.-Ing., Überlandwerk Nord-Hannover A.-G., Bremen, Dobben 32.

Kassenwart: Schmieder, Oberpostrat, Oberpostdirektion Bremen, A. d. Weide.

Ackermann, Oskar, Ing., Dünsen über Harpstedt, Bez. Bremen.	Danschacher, Kurt, Dipl.-Ing., Bremen, Bürgerm.-Smidt-Pl. 16.	Imkenberg, Heinz, Gewerbeoberlehrer, Bremen, Hastedter Heerstr. 449.
Albrecht, Karl, Dipl.-Ing., Bremen, Osterdeich 133.	Dettmar, Werner, Dr.-Ing., Bremen, Osterdeich 239.	Isermann, H. J., Dipl.-Ing., Bremen, Dransfelder Str. 23.
Atens, Fritz von, Ober-Ing., Bremerhaven, Schillerstr. 106.	Ernst, Franz, Ing., Bremen-Farge, Feldstr. 81.	Kalähne, Dietrich, Dipl.-Ing., Leersen Nr. 63 üb. Barrien.
Bax, Hans, Dipl.-Ing., Bremen, Mathildenstr. 37 II.	Franz, Ernst, Ing., Hamersens, Post Sittensen, Kr. Bremervörde.	Katzschner, Max, Dr.-Ing., Bremen, Schachhauser Heerstr. 94.
Beckmann, Friedrich, Ing., Bremen, Ronzellenstr.	Frischmuth, Carl, Obering., Bremen, Wandrahm 4.	Klehl, Walter, Dipl.-Ing., Bremerhaven-M., Pestalozzistr. 29 I.
Beller, Alex, Ing., Bremen, Tauroggener Str. 38.	Fröhmer, Klaus, Dr.-Ing., Bremen-Oberneuland, Landgutweg 17.	Kielmann, Otto, Ing., Bremen-Oberneuland, Landgutweg 27.
Bentz, Jürgen, Gewerbe-Oberlehrer, Bremen-Hemelingen, Zeppelinstr. 76.	Gabbert, Willi, Ing., Bremen, Isarstr. 100.	Kricheldorf, Gustav, Gewerbeoberlehrer, Bremen, Gröpelinger Heerstr. 315.
Bohken, Georg, Ing., Bremen, Kirchbachstr. 103.	Gewecke, Johann, Techn. Angestellter, Bremen, Nienburger Straße 58.	Kühndahl, Ernst, Dipl.-Ing., Bremen, Neuenlander Str. 45.
Blase, Werner, Dipl.-Ing., Bremen, A. d. Pickkamp 22.	Grabert, G., Ing., Bremen, Buntentorsteinweg 648.	Ieverkues, C., Ob.-Ing., Bremen, Körnerwall 1.
Blath, Walter, Ing., Bremen, Meyerstr. 164/166.	Hadre, Helmut, Dipl.-Ing., Bremen, Beethovenstr. 23.	Lieck, Paul, Dipl.-Ing., Bremen, Oslebshauser Heerstr. 120.
Bieler, Gerhardt, Ing., Verden/Aller, Hinter der Mauer 21.	Harms, Alfred, Ing., verl. Hemmstraße, Umspannwerk.	Lisson, Paul, Ing., Delmenhorst, Leipziger Weg 13.
Brandes, Arthur, Ing., Bremen, Besselstr. 80.	Harms, Heinrich, Ing., Bremen-Horn, Vorstr. 39.	Lüdemann, Wilhelm, Ing., Hemslingen, Kr. Rotenburg
Bredemeyer, Heinrich, Elektro-Ing., Diepholz, Willenberg Nr. 43.	Heim, Karl, Ing., Bremen, Schleifmühle 35.	Matthias, Werner, Dir. i. R., Bremen, Schwachhauser Ring 86 I.
Brück, Georg, Elektro-Ing., Lilienthal bei Bremen, Hauptstr. 58.	Hövelmann, Volkmer, Ing., Bremen, Zeppelinstr. 62.	Meinke, Wilhelm, Betriebsleiter, Bremerhaven, Hoebelstr. 1.
Buff, Carl, Dr.-Ing., Bremen, Orleansstr. 36.	Holscher, Hans Joachim, Dipl.-Ing., Bremen, Federhöfen 8.	Meisselbach, Fritz, Dipl.-Ing., Bremen, Straßburger Str. 53.
	Hosche, Helmut, Gewerbeoberlehrer, Nordenham, Mittelweg 33.	Meißner, Hans, Patentanw., Bremen, Schwachhauser Ring 104.

Menze-Gutmann, Ferdinand, Dipl.-Ing., Bremen, Am Barkhof Nr. 5.
Mikeska, Leo, Dipl.-Ing., Bremen, Fedelhöfen 8.
Modersohn, Otto, Ing., Blexen (Oldbg.), Weser-Seeflughafen.
Müller, Heinz, Ing., Bremen-Farge, Feldstr. 81.
Müller, Heinz, Ing., Bremerhaven, Langener Landstr. 173.

Nagel, Walter, Ing., Bremen-Vegesack, Bremer Str. 34 a.
Niederbockstruck, Paul, Techniker, Bremen, Osterdeich 261.
Niemann, Ernst, Ing., Bremerhaven-G., Yorkstr. 11.
Nimsch, Günther, Dr.-Ing., Bremen, Donandstr. 45/47.
Notmer, Heinrich, Gewerbeoberlehrer, Bremen, Herderstr. 69.

Paasch, Wolfgang, Dipl.-Ing., Bremerhaven, Rheinstr. 69.
Palm, Herbert, Dipl.-Ing., Bremen, Feldstr. 61.

Saemann, Louis, Elektromeister, Bremen, Birkenstr. 29 a.
Schaeffer, Fritz, Ing., Delmenhorst, Adelheider Str. 112.

Schmieder, Oberpostrat, Dipl.-Ing., Bremen, a. d. Weide, Oberpostdirektion.

Schöne, E., Dr.-Ing., Bremen, Friedrich-Wilhelmstr. 4.
Schröder, Rudolf, Ing., Bremen, A. d. Peterswerder 17.
Schwarmann, Harald, Obering. u. Prok., Bremen, Delmestr. 86.
Schwinge, Hans, Elektromeister, Bremerhaven - Nord, Siedlung, Haus 2.
Siegert, Hans, Dipl.-Ing., Bremen, Benquestr. 42.
Stadtländer, Fr., Obering., Bremen-Aumund, Bremer Str. 11.
Stelter, Hans, Obering., Bremen, Parkallee 19.

Taubert, Hans, Ing., Bremerhaven, Forbacher Str. 1.
Topmann, Herbert, Dipl.-Ing., Verden/Aller, Lindhooper Str. 3.
Tröger, Wilhelm, Ing., Bremen, Möckerstr. 78.
Trüper, Heinrich, Ing., Zeven, Labestr. 55.
Turowski, Stephan, Betriebsing., Bremen, Kalischer Str. 9.

Vagt, Heinz, Ing., Bremen, Hohwisch 38.

Wenzel, Hans, Bremerhaven-M., Gneisenastr. 1.
Weustermann, Adolf, Obering., Bremerhaven, Kaiserstr. 108.

Zetzmann, Ernst, Dipl.-Ing., Bremen, Lothringer Str. 47.

Korporative Mitglieder

Siemens-Halske A.-G., Bremen, Schleifmühle
Siemens-Schuckertwerke, A.-G., Bremen, Schleifmühle.
Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Bremen, Langenstr., Argohaus.
Lloyd Dynamowerke, Bremen, Osterdeich.
Bremer Straßenbahn A.-G., Bremen, Am Wall.
Überlandwerk Nord-Hannover A.-G., Bremen, Am Dobben 32.
Stadtwerke Bremen A.-G., Bremen, Findorffstr. 27.
Oberpostdirektion Bremen, Bremen, An der Weide.

Verband Deutscher Elektrotechniker Bezirk Düsseldorf e. V.

Geschäftsstelle: Düsseldorf, Luisenstr. 105 (Stadtwerke), Telefon: 10 841 und 10 781, Postscheckkonto: Essen 70 059.

Vorsitzender: Hausmann, Fr., Direktor Dipl.-Ing., Düsseldorf, Scharnhorststr. 6.

stellv. Vorsitzender: Cautius, W., Direktor Dipl.-Ing., Düsseldorf, Paul-von-Hase-Str. 6.

Schriftführer: Thelemann, W., Dipl.-Ing., Düsseldorf, Kavalleriestr. 22.

Kassenwart: Blume, K., Dipl.-Ing., Düsseldorf, Oststr. 51 (AEG).

Arnold, Heinz, Ing., Düsseldorf, Weidenburger Str. 33.
Austgen, Josef, Ing., Düsseldorf, Kleinstr. 20.

Baginski, Willi, Ing., Düsseldorf, Lindenstr. 125.

Barthel, Herbert, Ing., Düsseldorf, Heinrichstr. 74.

Becker, Hugo, Ob.-Ing., Düsseldorf-Oberkassel, Düsseldorf-er Straße 27.

Berger, Rudolf, Ing., Düsseldorf-Holthausen, Am Trippelsberg 193.

Berghaus, Heinrich, Ing., Düsseldorf, Kempgensweg 81.

Bernhardt, Josef, Ing., Ratingen, Rosenstr. 12.

Berresheim, Ernst, Ing., Düsseldorf, Hellweg 56.

Bluhm, Hans, Direktor, Düsseldorf, Sybelstr. 33.

Blume, Friedrich, Betr.-Ingenieur, Düsseldorf, Kaiser-Friedrich-Straße 23.

Blume, Kurt, Dipl.-Ing., Krefeld, Gneisenastr. 3.

Blümchen, Kurt, Ing., Ratingen, Brückstr. 8.

Böhme, Franz, Ing., Düsseldorf, Merkurstr. 28 a.

Borrmann, Fritz, Ing., Düsseldorf-Oberkassel, Cimbernstr. 14.

Boysen, Johann, Dr.-Ing., Düsseldorf, Degerstr. 6.

Brand, Carl, El.-Techn., Düsseldorf, Flügelstr. 43.

Brandt, Leo, Dipl.-Ing., Ministerialdirektor, Min. f. Wirtschaft u. Verkehr, Düsseldorf, Hansa-haus.

Breitschneider, Bruno, Ob.-Ing., Düsseldorf, Reichswaldallee 35.

Britz, Lothar, Dipl.-Ing., Düsseldorf-Unterrath, Am Röttgen 44.

Bröcker, Paul, Ob.-Ing., Hamm/Westf., Marker Allee 27.

Brückmann, Friedr., Werbeleiter, Düsseldorf-Holthausen, Walter-Rathenau-Str. 11.

Bützer, Willi, El.-Mstr., Düsseldorf-Wersten, Ickerswarder Straße 5.

Busch, Wilhelm, Ing., Düsseldorf, Peter-Janssen-Str. 18.

Callens, Ludwig, Betriebsleiter, Buderich bei Düsseldorf, Nordstraße 83.

Cautius, Werner, Dir., Dipl.-Ing., Düsseldorf, Paul-von-Hase-Str. 6.

Châtelain, Wilhelm, Ing., Ratingen, Zieglerstr. 26.

Christmann, Hans, Ing., Ratingen, Mühlheimer Str. 22.

Christ, Heinz, Ing., Hochdahl b. Düsseldorf, Felsenburg 14.

Daute, Emil, Ziv.-Ing., Düsseldorf-Oberkassel, Wildenbruchstraße 80.

Daute, Wolfgang, Dipl.-Ingenieur, Düsseldorf-Oberkassel, Leost. 7.

Demmin, Ernst, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Uhlenbergstr. 77.

Denecke, August, Elektro-Meist., Neuß, Erftstr. 102.

Denker, Eckart, Dipl.-Ing., Hildden, Seidenweberstr. 14 a.

Diepgen, Martin, Dipl.-Ing., Düsseldorf-Oberkassel, Arnulfstr. 25.

Dietel, Karl, Ober-Ing., Düsseldorf, Venloer Str. 11 a.

Ehlers, Otto, Ziv.-Ing., Düsseldorf, Schumannstr. 25.

Enders, Erwin, Ing., Düsseldorf, Bellscheidstr. 14.

- Engel, Wilh., General-Direktor, Düsseldorf, Himmelgeisterstraße 275.
- Etschelt, Friedl., Ob.-Ing., Düsseldorf, Benrodestr. 86.
- Feller, Martin, Ob.-Ing., Neuß, Drususallee 56.
- Fischer, Kurt, Ing., Düsseldorf-Oberkassel, Schorlemerstr. 16.
- Fleischmann, Adalbert, Ingenieur, Düsseldorf, Lindemannstr. 62.
- Frank, Heinz, Ing., Düsseldorf, Alt Heerdt 93.
- Fries, Egon, Ing., Ratingen, Talstraße 30.
- Frittschi, Richard, Ob.-Ingenieur, Ratingen, Rosenstr. 10.
- Fuchs, Willi, El.-Mstr., Düsseldorf, Himmelgeister Str. 125.
- Funk, Victor, Direktor a. D., Düsseldorf, Meliesallee 10.
- Gadesmann, Ernst, Ing., Düsseldorf, Oststr. 51, AEG-Haus.
- Gäßler, Barth., Ing. u. Gewerbeoberlehrer, Düsseldorf, Mörsenbroicher Weg 23.
- Geis, Wilhelm, Ob.-Ing., Düsseldorf, An der Vehlingshecke 33.
- Genuit, Werner, Ing., Düsseldorf-Rath, Rather Kreuzweg 112.
- Gerhardt, Heinz, Ing., Düsseldorf-Reisholz, Am Trippelsberg 48.
- Gerschner, Herbert, Ing., Ratingen, Bechemerstr. 62.
- Gersmeyer, Günter, Ing., Ratingen, Schützenstr. 14.
- Glaeser, Hans-Joach., Dipl.-Ing., Büberich b. Düsseldorf, Hindenburgstr. 8.
- Goetze, Heiner, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Norferstr. 47.
- Görgens, H., Gewerbelehrer, Düsseldorf, Fortunastr. 10.
- Gomolla, Ernst, Ob.-Ing., Ratingen, Hauserallee 80.
- Graffmann, Wilh., Ob.-Ingenieur, Düsseldorf, Lantzallee 4.
- Graßmann, Alfred, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Blücherstr. 45.
- Grell, Hermann, Ob.-Ingenieur, Düsseldorf, Goethestr. 2.
- Greulich, Erwin, Montage-Ing., Düsseldorf, Weißdornstr. 15.
- Grießer, Arno, Ing., Düsseldorf, Am Zollhaus 39.
- Gründer, Ernst, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Bockholtstr. 12.
- Gründling, Richard, Ing., Düsseldorf-Oberkassel, Siegfriedstr. 30.
- Grüter, Heinz, Ing., Düsseldorf, Bielefelder Str. 77.
- Hackethal, Anton, Mont.-Insp., Düsseldorf-Wersten, Werstener Dorfstr. 3.
- Hackethal, Paul, Werkstattleiter, Düsseldorf-Wersten, Kirchhofweg 10.
- Hadré, Hans, Dipl.-Ing., Düsseldorf-Benrath, Heubesstr. 1.
- Hahn, Eduard, Dipl.-Ing., Grevenbroich, Gartenstr. 17.
- von Hake, Jürgen, Dipl.-Ing., Holzheim b. Neuß, Bahnhofstraße 12.
- Hanten, Otto, Dipl.-Ing., Erkrath, Rathelbecker Weg 28.
- Harten, Karl-Peter, Dir., Dipl.-Ing., Düsseldorf, August-Tysen-Str. 1.
- Hassel, Franz, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Am Trippelsberg 141.
- Hausmann, Franz, Dipl.-Ing., Dir., Düsseldorf, Scharnhorststr. 6.
- Heilmann, Philipp, Dipl.-Ing., Hösel b. Düsseldorf, Preußenstraße 30.
- Heimscheid, Alfred, Ing., Düsseldorf, Henriettenstr. 14.
- Heinen, Hans, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Ganghoferstr. 34.
- van Hengel, W., Ing., Ratingen, Kaiserswerther Str. 15 c.
- Hensel, Alfred, Dipl.-Ing., Düsseldorf-Benrath, Brucknerstr. 2.
- Herwig, Erich, Ing., Düsseldorf, Konradstr. 11.
- Hitzbleck, Hans, Dr.-Ing., Düsseldorf, Grunerstr. 133.
- Hohmann, Walter, Ing., Ratingen-Tiefenbroich, Am Heimsang 14.
- Holdt, Hans, Ing., Ratingen, Mülheimer Str. 52.
- Holthaus, Karl, Dr. phil., Düsseldorf, Inselstr. 30.
- Hütten, J. L., Ob.-Ing., Düsseldorf-Oberkassel, Düsseldorf-er Straße 191.
- Ide, Heinz, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Karweg 17.
- Incze, Anton, Ratingen, Speestraße 20.
- Jaedicke, I., Ing., Direktor i. R., Dornholzhausen bei Nassau (Lahn).
- Joens, Werner, Düsseldorf, Martinstr. 51.
- Jordan, Heinz, Dr.-Ing., Lintfort, Kr. Moers, Friedrichstr. 7.
- Jungblut, Franz, Ing., Neuß, Wender Str. 22.
- Kaden, Rudolf, Ing., Düsseldorf-Ratingen, Feldstr. 57.
- Kästl, Erich, Ing., Düsseldorf-Oberkassel, Hansa-Allee 69.
- Kampf, Willi, Ing., Düsseldorf, Vereinsstr. 2.
- Keil, Heinrich, Ing., Rheinemark ü. Schwerte.
- Kellershohn, Heinz, Ing., Düsseldorf, Ikenstr. 9.
- Kemmeries, August, Schaltmeist., Düsseldorf, Kettwiger Str. 50.
- Kind, Fritz, Direktor, Düsseldorf, Beethovenstr. 16.
- Klein, Julius, Ing., Düsseldorf, Tonisheider Str. 22.
- Knapp, Werner, Dipl.-Ing., Lintfort, Breitscheider Weg 58.
- Knöll, Wilhelm, Ing., Düsseldorf, Rosmarinstr. 5 e.
- Koch, Franz, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Oststr. 10.
- Köffender, Peter, Ing., Düsseldorf, Kavalleriestr. 22.
- Körber, Rudolf, Dipl.-Ing., Ratingen, Freiligrathstr. 12.
- Köttgen, Carl, Gen.-Dir. i. R., Düsseldorf-Kaiserswerth, Leuchtenberger Kirchweg 3.
- Kothes, Friedrich, Ing., Düsseldorf-Holthausen, Bonner Str. 88.
- Koux, Jacob, Ing., Grevenbroich, Wöhlerstr. 15.
- Krenz, Kurt, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Merowinger Str. 167.
- Kreuzer, Arthur, Ing., Düsseldorf, Keldenichstr. 69.
- Kubesch, Willi, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Kaiser-Friedrich-Str. 10.
- Kuntze, Arthur, Dr. phil., Dipl.-Ing., Düsseldorf, Völklingstr. 40.
- Kurschildgen, Peter, Ing., Ratingen, Mülheimer Str. 60.
- Landefeld, Walter, Ob.-Ingenieur, Düsseldorf, Lakronstr. 8.
- Leiß, Bruno, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Lichtstr. 56.
- Leitzmann, Hans, Ing., Düsseldorf-Unterrath, Hasper Str. 23.
- Lichtenberger, Erwin, Ing., Mettmann, Mittelstr. 18.
- von Lieben, Dipl.-Ing., Erkrath (Rhld.), Feldstr. 74.
- Liedtke, Ludwig, Ing., Düsseldorf, Scharnhorststr. 35.
- Löhner, Edgar, Ob.-Ing., Ratingen Mülheimer Str. 56.
- Losch, Hermann, Ing., Ratingen, Sandstr. 45.
- Lübke, Wilhelm, Ing., Ratingen, Kaiserswerther Str. 4 a.
- Maase, Klaus, Dipl.-Ingenieur, Düsseldorf, Berger Allee 7.
- Mais, Georg, El.-Meister, Düsseldorf, Bilker Allee 93.
- Mertens, Karl, Direktor, Düsseldorf, Am Trippelsberg 141.
- Messing, Albert, Ing., Neuß, Hebbelstr. 6.
- Meyer, Wilhelm, Ing., Düsseldorf, Weißenburgstr. 11.
- Michaelis, Otto, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Briedestr. 15.
- Müller, Wilhelm, Ing., Düsseldorf, Ferd.-Heye-Str. 56.
- Münter, Franz, Ing., Düsseldorf-Unterrath, Am Röttchen 54.
- Müthlein, Erwin, Direkt., Düsseldorf, Rembrandtstr. 35.
- Nehlsen, Gerhard, Dr.-Ing., Büberich b. Düsseldorf, Hindenburgstr. 38.
- Neumann, Karl, Ing., Düsseldorf, Dorotheenstr. 100.
- Nientimp, Ferd., Ing., Düsseldorf, Kopernikusstr. 70.
- Nikenich, Josef, Ob.-Ing., Düsseldorf, Barbarastr. 11.
- Noy, Jack, Dipl.-Ing., Langeloth Pa., 516 W. Fifth Avenue, Amerika.
- Nußbaum, Barth., Ing., Düsseldorf, Grafenberger Allee 161.
- Orth, H., Betr.-Ltr., Düsseldorf, E.-v.-Witzleben-Str. 16.
- Otto, Erich, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Benzenbergstr. 1 a.

- Pannhausen, Helmut, Ingenieur, Düsseldorf - Oberkassel, Brend'amourstr. 63.
- Petrus, Walter, Dipl.-Ing., Ob.-Ing., Düsseldorf, Berger Allee 15.
- Pfende, Egon, Techn., Ratingen, Bechemerstr. 40.
- Pflugstaedt, Carl, Ing., Düsseldorf, Mauerstr. 3.
- Pietzsch, Heinz, Dr.-Ing., Düsseldorf - Oberkassel, Kaiser - Wilhelm-Ring 43.
- Pippke, Willi, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Rather Markt 5.
- Plahr, Willy, Ing., Düsseldorf - Unterrath, Kürtenstr. 73.
- Poschen, K. P., Ing., Düsseldorf - Oberkassel, Leost. 99.
- Pritsch, Rudolf, Ing., Düsseldorf, Schlüterstr. 3.
- Purmann, Friedrich, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Geibelstr. 37.
- Quandt, Ernst-G., Dipl.-Ing., Düsseldorf, Bunsenstr. 3.
- Rebbelmund, Georg, Direktor, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Rheinbahnhaus.
- Reinfeldt, Herbert, Dr.-Ing., Düsseldorf, Nagelsweg 9 a.
- Remde, Friedr., Dipl.-Ing., Ratingen, Graf-Adolf-Str. 1 a.
- Rese, Hans, Dipl.-Ing., Düsseldorf-Holthausen, Am Trippelsberg 135.
- Rietsch, Eberhard, Ob.-Ing., Düsseldorf, Harleßstr. 14.
- Rinnert, Helmut, Ing., Düsseldorf, Maurenbrecherstr. 11 a.
- Rosenkranz, Willi, Ob.-Ing., Düsseldorf, Oststr. 51, AEG-Haus.
- Roy, Alfons, Ing., Düsseldorf, Am Trippelsberg 139.
- Rudolph, Kurt, Ing., Düsseldorf, Urdinger Str. 21.
- Rütgers, Ernst, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Scheidtstr. 10.
- Rullmann, Richard, Ing., Düsseldorf, Umlandstr. 3.
- Saupe, Karl-Heinz, Ing., Haan (Rhld.), Mittelstr. 5.
- Schäfer, Kurt, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Ruhrtalstr. 20.
- Schaeffer, Willi, Ob.-Ing., Düsseldorf, Lindenstr. 47.
- Schemmann, Paul, Ing., Direktor i. R., Düsseldorf, Charlottenstraße 79 c.
- Scheppling, Josef, Ing., Neuß, Deutsche Str. 13.
- Scheurer, Albert, Ing., Düsseldorf, Himmelgeister Str. 191.
- Schiffhauer, Hans Karl, Ingenieur, Neunkirchen (Saar), Hüttenbergstr. 22.
- Schilder, Franz, Ing., Büderich b. Düsseldorf, Dorfstr. 15 d.
- Schlabach, Heiner, Ing., Düsseldorf, Graf-Adolf-Str. 74.
- Schlottmann, Friedrich, Ob.-Ing., Dierdorf, Kr. Koblenz, Bismarckstraße 19.
- Schmidt, Arno, Ing., Ratingen, Rosenstr. 53.
- Schmidt, Hans, Ing., Düren, Holzstraße 1.
- Schmidt, J. C., Dipl.-Ing., Düsseldorf, Volksgartenstr. 30.
- Schmidt, Richard, Ing., Duisburg, Neudorfer Markt 11.
- Schmitz, Ludwig, Dr.-Ing., Ratingen, Freiligrathstr. 12.
- Schumacher, Franz, Ob.-Ingenieur, Dipl.-Ing., Düsseldorf-Oberkassel, Lohengrinstr. 19.
- Schulte, Georg, Ob.-Ing., Düsseldorf, Oststr. 51, AEG-Haus.
- Schwarz, Hans, Dipl.-Ing., Ratingen, Grabenstr. 1 b.
- Siebeck, Alois, Dipl.-Ing., Ratingen, Kaiserswerther Str. 4 b.
- Siegert, Karl, Dipl.-Ing., Düsseldorf - Oberkassel, Cheruskerstraße 53.
- Simon, Hermann, Ob.-Ing. i. R., Kaiserswerther, Alte Landstr. 85.
- Söhngen, Wilh., Ing., Düsseldorf, Heinrichstr. 58.
- Spatz, Paul, Ober-Ing., Düsseldorf, Urdinger Str. 21.
- Spatz, Fritz, Ing., Düsseldorf, Am Schönen Kamp 198.
- Stark, Leon, Ing., Hilden (Rhld.), Elberfelder Str. 81.
- Stein, Eugen, Direktor, Neuß, Lörickstr. 13.
- Stuhr, Hans, Ob.-Ing., Düsseldorf, Fahnenburgstr. 17.
- Stukenberg, Fritz, Ing., Ratingen, Kaiserswerther Str. 16 a.
- Tadey, Karl, Ob.-Ingenieur i. R., Düsseldorf-Oberkassel, Dominikanerstr. 5.
- Tenbierg, Josef, Ing., Bocholt i. W., Dinxperloerstr. 79.
- Thelemann, Werner, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Kavalleriestr. 22.
- Tiedemann, H., Düsseldorf 10, Brehmstr. 54 b. Dr. Krüsch.
- Tretschok, Kurt, Ing., Leverkusen-Schlebusch I, Kalkstr. 105.
- Tscharntke, Karl, Ing., Mülheim (Ruhr), Dimbeck 44.
- Ufer, Friedrich, Dr.-Ing., Düsseldorf, Schweidnitzer Str. 33.
- Ufer, Werner, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Schweidnitzer Str. 33.
- Uhlenbruck, Hugo, Schalt-Ing., Düsseldorf, Kettwiger Str. 45.
- Ulbricht, Friedrich, Ing., Neuß, Hochstr. 21.
- Vogel, Rudolf, Dir. i. R., Dipl.-Ing., Düsseldorf, Benrodestr. 57.
- Wagner, Albert, Dipl.-Ingenieur, Düsseldorf, Ellystr. 41.
- Wahl, Ernst-G., Dipl.-Ing., Düsseldorf, Erasmusstr. 4.
- Weber, Hermann, Ing., Düsseldorf, Jagenbergstr. 30.
- Wegenauer, Hans, Ing., Hösel (Rhld.), Badenstr. 6.
- Wegner, Konrad, Dipl.-Ingenieur, Nürnberg, Gabelsbergstr. 13 b. Prem.
- Weindorf, Oskar, Ing., Neuß, Keltenstr. 5.
- Weiser, Ernst, Ob.-Ing., Düsseldorf, Am Gatherhof 109.
- Wende, Karl, Dipl.-Ing., Duisburg-Großenbaum, Am Ziegenbusch 7.
- Werneke, A. J., Dipl.-Ing., Düsseldorf-Oberkassel, Düsseldorf-er Straße 79.
- Wiegel, Adolf, Düsseldorf, Collenbachstr. 18.
- Wiegel, Kurt, Ing., Düsseldorf, Collenbachstr. 18.
- Wilms, Wilh., Dipl.-Ing., Krefeld, Am Hohen Haus 11.
- Wingender, Rudolf, Ing., Düsseldorf, Stadtwaldstr. 3.
- Wirtz, Jakob, Ing., Düsseldorf, Sybelstr. 7.
- Witzel, Ernst, Ing., Ratingen, Brückstr. 8 I.
- Wolf, Max, Dr. Ing., Dr. jur., Düsseldorf, Erkrather Str. 41.
- Wolff, Adolf, El.-Techn., Düsseldorf-Gerresheim, Paulinenstr. 7.
- Wosnik, Johann, Präsident der OPD., Dipl.-Ing., Düsseldorf, Karl-Theodor-Str. 10.
- Wursthorn, Fredo, Ingenieur, Ratingen, Schützenstr. 17.
- Wüste, Wilh., Dipl.-Ing., Nürnberg, Komotauer Str. 30 a.
- von Zwehl, Willi, Dipl.-Ingenieur, Düsseldorf, Kaiserswerther Straße 220.

Korporative Mitglieder

- AEG, Düsseldorf, Oststr. 51.
- Baugesellschaft für elektrische Anlagen, Düsseldorf - Benrath, Paulsmühlenstr. 4.
- Calor Emag, Elektrizitäts-A.-G., Ratingen, Schließbach.
- Fischer & Co., Julius, Düsseldorf, Kaiserstr. 46.
- Jansen & Westphal, G. m. b. H., Düsseldorf-Oberkassel, Wildenbruchstr. 39.
- Kehrs C. W. & Co., G. m. b. H., Kettwig (Ruhr), Hauptstr. 2.
- Klepe, Theodor, Düsseldorf-Reisholz, Bromberger Str. 20.
- Mannesmannröhren-Werke, Düsseldorf-Rath.
- Oberpostdirektion Düsseldorf, Düsseldorf, Karl-Theodor-Str. 10.
- Rheinische Bahn-Gesellschaft, A.-G., Düsseldorf, Wilhelmpl. 3-8.
- R. W. E. A.-G., Betriebsverwaltung Reisholz, Düsseldorf-Holthausen, Am Trippelsberg 135.
- R. W. E. A.-G., Betriebsverwaltung Neuß, Neuß, Salzstr. 54.
- Siemens-Schuckert-Werke A.-G., Techn. Büro, Düsseldorf, Steinstraße 11.
- Stadtwerke Düsseldorf, Düsseldorf, Luisenstr. 105.
- Stadtwerke Neuß, Neuß, Hafenstraße 54.
- Stahl- u. Röhrenwerk Reisholz, Düsseldorf-Reisholz.
- Telefunken, Geschäftsstelle Düsseldorf, Charlottenstr. 71.

Elektrotechnischer Verein des Rhein.-Westf. Industriebezirks E. V.

Geschäftsstelle: Essen, Hochtiefhaus (RWE), Telefon: 20 931, Postscheckkonto: Essen 8601.
Vorsitzender: Löbl, O., Prof. Dr., Essen, Hauptverwaltung des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes.
stellv. Vorsitzender: Ernst, Direktor, Bochum, Lessingstr. 5.
Schriftführer: Hobrecker, Dr., Dortmund, Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen A.-G.
Kassenwart: Otzen, Direktor, Essen, Betriebsverwaltung des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes.

Abolins, Arnold, Dipl.-Ing., Mülheim (Ruhr)-Broich, Am Schloßberg 16.
Ahlert, Hermann, Ing., Dortmund, Stübgenstr. 6.
Ahrens, Victor, Dipl.-Ing., Westerkholt, Bahnhofstr. 73.
Albers, Reinh., Ing., Dortmund, Althoffstr. 11.
Albert, Bruno, Ing., Herne i. Westf., Overbergstr. 38.
Albert, Helmut, Ing., Essen, Vollmerstr. 6.
Alps, Franz, Reg.-Baumstr., Essen, Kruppstr. 30.
Altena, Walter, Dipl.-Ing., Herten, Ewaldstr. 257a.
Andree, Otto, Ing., Duisburg, Friedrich-Wilhelm-Platz 1.
Apelt, Gerhard, Dipl.-Ing., Dortmund, Kreutzstr. 142.
Arndt, Karl, Ing., Mülheim-Ruhr, Kappenstr. 40.
Arndt, Ernst-Moritz, Dipl.-Ing., Essen, Markgrafenstr. 40.
Arol, Karl-Heinz, Ob.-Ing., Wanne-Eickel, Unser-Fritz-Str. 155.
Asbeck, Egon, Ing., Wetter (Ruhr), Friedrichstr. 2a.
Aumann, Willy, Ob.-Ing., Löhne i. Westf., Friedrichstr. 29.
Babin, Karl-Heinz, Ing., Bochum, Gemeindestr. 49.
Bäumler, Heinz, Ing., Dortmund (Gartenstadt), Brockhausweg 19.
Baier, Ewald, Essen-Werden, Kirchhofsallee 45.
de Ball, Norbert, Dipl.-Ing., Essen, Beethovenstr. 32.
Balzen, Josef, Ing., Gladbeck-Brauk, Stralsunder Str. 11.
Barthold, Alwin, Ing., Oberaden ü. Kamen, Im Sundern.
Bartz, Gerhard, Dipl.-Ing., Dortmund, Kullrichstr. 6.
Bauer, Friedrich, Dir., Erlangen, Burgbergstr. 18.
Bauer, Max, Ob.-Ing., Essen, Halbe Höhe 20.
Baunach, Ludwig, stud. ing., Gladbeck, Herbertstr. 1.
Bebensee, Franz, Ing., Essen, Manteuffelstr. 31.
Becker, Alex, Hamm, Rothebach 9.
Becker, Friedrich, Dipl.-Ing., Bochum-Bergen, Bergener Str. 42.
Becker, Georg, Dipl.-Ing., Dortmund, Rosa-Luxemburg-Str. 23.
Becker, Hans, Ing., Dortmund-Hörde, Hermannstr. 99.
Becker, Heribert, Ob.-Ing., Dortmund, Graf-Haeseler-Str. 5.

Becker, Julius, Dir., Dipl.-Ing., Arnsberg i. Westf., Nordring 5.
Becker, Paul, Bottrop, Kraneburgstraße 3.
Beckhaus, Wilhelm, Ing., Essen, Rüttenscheider Platz 12.
Beckmann, Aloys, stud. ing., Dortmund-Reichsmark, Wittbräucker Straße 108.
Behle, Erich, Ing., Witten, Beethovenstr. 26.
Behrends, Kurt, Dipl.-Ing., Bochum-Gerthe, Hiltroper Landwehr 10.
Behrmann, Wilhelm, Ing., Essen, Am Kalverkämpchen 27.
Beissbarth, Rudolf, Ing., Oberrhoden b. Wesel, Haus Nr. 137/1.
Belecke, Josef, Ing., Schmidthausen, Post Löh ü. Schalksmühle.
Bellin, Karl-Heinz, stud. ing., Düsseldorf, Luegallee 21.
Bendfeldt, Hans, Dipl.-Ing., Bottrop, Knappenstr. 28.
Berger, Josef, Ing., Duisburg-Buchholz, Otawistr. 1.
Berger, Paul, Ing., Recklinghausen, Wildermannstr. 4.
Berghahn, Alfred, Dr.-Ing., Essen-Bredeney, Holunderweg 74.
Bergk, Arno, Dipl.-Ing., Brambauer (Westf.), Auf dem Sudberg 4.
Bergmann, Kurt, Dipl.-Ing., Krefeld, Luisenstr. 31.
Berkemann, Friedrich, Dipl.-Ing., Dortmund-Marten, Germaniastraße 16.
Bernius, Hans, Ing., Duisburg, Lippestr. 2.
Bernsmann, Albert, Ob.-Ing., Duisburg, Irenenstr. 23.
Besken, Karl, Ing., Herbede ü. Witten, Hauptstr. 44.
Beyling, Curt, Dipl.-Ing., Duisburg-Hamborn, Kronstr. 20.
Bischoff, Ernst, Dipl.-Ing., Hamm, Feidikstr. 36.
Blume, Otto, Hamm, Friedrichstraße 8.
Blume, Rudolf, Ing., Essen-Stadtwald, Sundernholz 108.
Bobisch, Artur, Dipl.-Ing., Bochum, Friederikastr. 95.
Bockwoldt, Georg, Ob.-Ing., Recklinghausen, Elperweg 27.
Bode, Walter, Dipl.-Ing., Bochum-Weitmar, Haus Weitmar.
Boebel, Armin, Ob.-Ing., Erwitte (Krs. Lippstadt), Marktendergasse 1.
Böckmann, Artur, Dipl.-Ing., Hiltrup (Krs. Münster), Bahnhofstraße 70.

Böhme, Kurt, Dipl.-Ing., Oberhausen-Sterkrade, Wilhelmstraße 11.
Böwering, Julius, Ob.-Postrat, Dipl.-Ing., Dortmund-Kirchlinde, Westerwikstr. 7a.
Bohlig, Hans, Ing., Wattenscheid, Bahnhofstr. 26.
Bonse, Bernhard, Ing., Münster i. Westf., Staufenstr. 59.
Borchardt, Franz-Joseph, stud. ing., Hamm (Westf.), Werler Str. 44.
Borchart, Hans-Friedr., Dipl.-Ing., Witten (Ruhr), Wennemersberg 1.
Borchert, Karl, Ing., Essen, Morsehofstraße 16.
Borchert, Franz, Ing., Essen-Borbeck, Pollerbecks Brink 9.
Bornitz, Erich, Dipl.-Ing., Essen, West, Dresdener Str. 27.
Brachthäuser, Hermann, Ing., Lippstadt, Rathausstr. 13.
Brackelmann, Heinz, Ing., Oberhausen, Elsa-Brandström-Str. 78.
Brakelmann, Hermann, Ingenieur, Wanne-Eickel, Hordeler Str. 20.
Brandt, Leo, Ministerialdirektor, Düsseldorf, Leostr. 59.
Brauksiepe, Willi, Ing., Altdorf (Ruhr) ü. Hattingen, Bahnhofstr. 97.
Braun, Heinrich, Ob.-Ing., Essen, Philippinenstr. 15.
Braun, Heinz, Dipl.-Ing., Mülheim-Ruhr, Kämpchenstr. 21.
Brede, Horst, stud. ing., Soest (Westf.), Am Seel 3.
Bredenbeck, Ernst, Ziv.-Ing., Hagen (Westf.), Fleyer Str. 159.
Breickmann, Heinz, Ing., Waltrop, Dortmunder Str. 44.
Breitgoff, Wilhelm, Ing., Essen-Heisingen, Am Langensiepen 4.
Brewer, Christian, Dipl.-Ing., Essen, Töpferstr. 64.
Brinkmann, Hans, Dipl.-Ing., Dortmund-Wickede, Dollersweg 49.
Brinkmann, Karl, Ing., Dortmund, Am Ostpark 28.
Brockhaus, Siegfried, Dipl.-Ing., Essen, Eginhardhöhe 37.
v. Bruchhausen, Berndt, Dipl.-Ing., Brühl (Bez. Köln), Kaiserstr. 6.
Brückner, Robert, Ziv.-Ing., Hagen, Bergstr. 123.
Brümmer, Rudolf, Ob.-Ing., Bochum, Joachimstr. 11.
Brüninghaus, Walter, Ing., Essen, Norbertstr. 165 II.
Bruns, Ernst-Heinrich, Ing., Mülheim-Heissen, Gracht 209.
Bruns, Richard, Ing., Krefeld, Am Baackeshof 59.

- Budde, Heinrich, Ing., Dortmund, Dresdner Str. 49.
 Bücking, Kurt, Dipl.-Ing., Essen, Moltkestr. 92.
 Bunte, Erich, Dipl.-Ing., Essen, Werder Str. 47.
 Buer, Egon, Dipl.-Ing., Gelsenkirchen, Hohenzollernstr. 65.
 Buhren, Hermann, Dipl.-Ing., Dortmund, Rheinische Str. 29.
 Buntkirchen, Wilhelm, stud. ing., Unna (Westf.), Obermassener Kirchweg.
 Burgard, Georg, Betr.-Ing., Duisburg-Hamborn, Duisburger Str. 122.
 Burgers, Franz, Dipl.-Ing., Heringen (Westf.), Alleestr. 256.
 Burgholz, Rudolf, Dr.-Ing., Herten i. Westf., Vitusstr. 10.
 Burrichter, Heinz, Waltrop, Veilinghofstraße 9.
 Busch, Ewald, Ing., Dortmund, Rheinische Str. 165.
 Busch, Josef, Ob.-Ing., Essen-Rellinghausen, Riesweg 63.
 Buschbaum, Felix, Dipl.-Ing., Dortmund-Schönau, Helgoland 10.
 Bussmann, Hermann, Dipl.-Ing., Essen, Hans-Luther-Str. 31.
 Buttman, Arno, Herten (Westf.), Ewaldstr. 296.
 Carrier, Heinrich, Ing., Lüdenscheid, Am Ramsberg 35.
 Christmann, Otto, Dipl.-Ing., Wetter (Ruhr), Ringstr. 42.
 Cieplowski, Klemens, Dipl.-Ing., Dortmund-Hörde, Piepenstockstraße 31.
 Cordes, Franz, Dipl.-Ing., Essen, Gehrberg 77.
 Corlin, Robert, Dipl.-Ing., Kettwig, Ikten 1a.
 Curbach, Heinrich, Ing., Herne, Vinckestr. 1 III.
 Daerner, Wilhelm, Ing., St. Tönis b. Krefeld, Vorster Str. 71.
 Dahmann, Hch., Dipl.-Ing., Dortmund, Haydnstr. 59.
 Dahms, Walter, Essen-Ost, Vollmer Straße 11.
 Derksen, Friedrich, Essen-Süd, Rellinghauser Str. 188.
 Deuter, Heinrich, Mont.-Insp., Essen, Paulinenstr. 95.
 Dittert, Hellmuth, Dr., Gladbeck, Schulte-Berge-Str. 24.
 Dörner, Adolf, Ing., Essen, Hektorstr. 25.
 Dörnhaus, Walter, Ing., Mülheim-Ruhr, Am Dennekaump 11.
 Dokupil, Karl, Dr.-Ing., Dipl.-Ing., Bochum, Herner Str. 259.
 Dora, Wilh., Ing., Dortmund-Hörde, Herz-Jesu-Kirche 10.
 Drexelius, Eduard, Ob.-Ing., Dortmund, Rote Beckerstr. 41.
 Driessen, Edmund, Ing., Bochum-Gerthe, Hegelstr. 13.
 Driever, Rolf, stud. ing., Dortmund, Arneckestr. 67.
 Driller, Hanns, Dipl.-Ing., Dortmund-Aplerbeck, Schweizer Allee 98.
 Droste, Otto, Ob.-Ing., Hagen i. Westf., Fleyerstr. 115.
 Düllmann, Ernst-Albert, Ing., Dortmund, Kronprinzenstr. 53.
 Düllmann, Ernst, Ing., Dortmund, Kronprinzenstr. 53.
 Dunker, Reinhard, Dipl.-Ing., Lünen, Hülshof 36.
 Dupuis, Reinhard, Dipl.-Ing., Dortmund, Brockhausweg 13.
 Eckenberg, Wilhelm, Dir., Dr.-Ing., Essen, Semperstr. 26.
 Eich, Josef, Ob.-Ing., Duisburg-Huckingen, Heinrich-Bierwies-Straße 4.
 Eickhoff, Wilhelm, Dipl.-Ing., Essen-Stadtward, Trappenbergstraße 16.
 Eidloth, Michael, Ob.-Ing., Dortmund, Adickesstr. 18.
 Elbers, Heinrich, Ing., Münster, Weissenburgstr. 25.
 Eller, Anton, Ing., Andernach a. Rhein, Mühlenstr.
 Emig, Fritz, Ing., Essen-Stadtward, Rüstermark 75.
 Encke, Otto, Dipl.-Berg-Ingenieur, Dortmund-Höchst, Schlapper Pfad 38.
 Endlein, Hans, Dipl.-Ing., Dortmund, Thierschweg 5.
 Engbert, Gerhard, Ing., Witten-Annen, Friedrich-Ebert-Str. 11.
 Enke, Friedrich, Dipl.-Ing., Dortmund, Gerichtstr. 2-4.
 Enkel, Hans-Georg, Ob.-Ing., Witten-Annen, Münzstr. 105.
 Erdelen, Adolf, Ing., Wesel, Abelstraße 2-9.
 Ernst, A. Hermann, Ob.-Ing., Essen, Hüskenhörde 9.
 Ernst, Robert, Direktor, Bochum, Lessingstr. 5.
 Ewerding, Rudolf, Dipl.-Ing., Essen, Pelmanstr. 45.
 Fäth, W., Dipl.-Ing., Essen, Kaninenbergstr. 27 A.
 Falke, Lorenz, Mont.-Insp., Essen-Steele, Lohmühlental 40.
 Falout, Rolf, stud. ing., Erkenschwick, Stimbgerstr. 98.
 Feichtmeier, Theo, Ob.-Ingenieur, Essen - Margarethenhöhe, Steile Straße 87.
 Feilke, Karl - Heinz, stud. ing., Dortmund, Zwickauer Str. 7.
 vom Felde, Heinrich, Essen-Frintrop, Lohmannskamp 11.
 v. Felde, Theodor, Ing., Essen, Feldhauskamp 80.
 Feldmann, Heinrich, Ing., Arnsberg (Westf.), Ringstr. 112.
 Feller, Wilhelm J., Ing., Duisburg, Akazienhof 9.
 Fertsch, Karl, Dipl.-Ing., Essen, Hektorstr. 29.
 Fettweis, Hermann, Dipl.-Ing., Essen-Stadtward, Waldsaum 49.
 Fiége, Heinz-Anton, Dipl.-Ing., Essen-Steele, Isinger Tor 1.
 Fielitz, Kurt, Dipl.-Ing., Kettwig, Hinninghofen 12.
 Fischer, Alois, Dipl.-Ing., Essen-Kray, Barbarastr. 1.
 Fischer, Otto, Essen, Kaiserhofstraße 33 b. Schafgans.
 Fischer, Wilh., Dipl.-Ing., Essen-Steele, Bochumer Str. 133.
 Fiscoeder, Georg, Ob.-Ing., Kettwig, Auf der Forst 5.
 Fleck, Botho, Ob.-Ing., Essen, Kurfürstenstr. 14.
 Foitzik, Rudolf, Dr.-Ing., Mülheim-Ruhr, Bleichstr. 6.
 Fork, Fritz, Ing., Münster, Geiststraße 9.
 Frevel, Alfons, Ob.-Ing., Arnsberg i. Westfalen, Ringstr. 40.
 Friederici, Ernst, Dir., Dipl.-Ing., Duisburg-Wedau, Marienburger Ufer 23.
 Friedrichs, Karl, Ing., Essen-Heisingen, Baderweg 35.
 Fritsch, Hermann, Dipl.-Ing., Essen-Bredeney, Am Wiesen-tal 1.
 Fröhlich, Albert, Dir., Duisburg, Am Waldsaum 5.
 Fuchs, Herbert, Ing., Herne, Cranger Str. 25.
 Füssel, Artur, Ob.-Ing., Essen, Alfredstr. 55.
 Gadek, Klaus, Dipl.-Ing., Kettwig, Emil-Kemper-Str. 27.
 Gabel, Karl, stud. ing., Gelsenkirchen, Marschallstr. 52.
 Gäßberger, Arthur, Dipl.-Ing., Marl, Kr. Recklinghausen, Op-pauer Str. 12.
 Gebhardt, Erich, Bochum, Freiligrathstr. 25.
 Geiger, Ernst, Dipl.-Ing., Mülheim-Ruhr, Mellinghofer Str. 81.
 Geiger, Georg, Ing., Essen-Stadtward, Waldsaum 62.
 Gierse, Siegfried, Dipl.-Ingenieur, Essen-Borbeck, Leimgardtsfeld 40.
 Giesdorf, Karl, Betr.-Ltr., Ing., Bochum, Alexandrinenstr. 8.
 Gladigau, Albert, Dr.-Ing., Recklinghausen, Limperstr. 38 I.
 Glage, Walter, Dipl.-Ing., Mülheim-Ruhr, Von-Bock-Str. 31.
 Glöckner, Hugo, Dipl.-Ing., Mülheim-Ruhr, Friedrichstr. 65.
 Glöyer, Hans, Dipl.-Ing., Essen, Alfredstr. 227.
 Göbel, Georg, stud. ing., Dortmund, Kreuzstr. 28.
 Goecke, Ludwig, Ing., Essen, Rosastr. 49.
 Gölling, Eberhard, Ing., Hamm i. Westf., Lessingstr. 33.
 Göllner, Wilhelm, Mülheim-Heißen, Geibelstr. 50.
 Görlacher, Werner, Dipl.-Ing., Mülheim-Ruhr, Michaelstr. 20.
 Gößling, Heinz, stud. ing., Dortmund, Lippstädter Str. 26.
 Gößmann, Albert, Ob.-Ingenieur, Hagen (Westf.), Annaberg-höhe 28.
 Gothe, Heinrich, Essen, Trappenbergstr. 32.
 Grabosch, Franz, Bottrop (Westf.), Horster Str. 22.
 Gremm, Franz, Ing., Oer-Erkenschwick, Rapen 16.

- Grill, Walter, Ing., Mülheim-Ruhr, Blücherstr. 122.
- Groeziinger, Walter, Dipl.-Ing., Dortmund-Kirchhörde, Am Pastorenwäldchen 30.
- Grondey, Joachim, Dipl.-Ing., Bottrop, Steinmetzstr. 2.
- Gronwald, Rudolf, Dortmund-Hörde, Penningskamp 4.
- Groote, Reinhold, Dipl.-Ingenieur, Hagen i. Westf., Fleyerstr. 185.
- Groser, Heinz, Ing., Bochum-Langendreer, Weststr. 13 a.
- Groskopf, Walter, Ing., Essen, Billerbrinkhöhe 20.
- Groszkraumbach, Friedrich, Ob.-Ing., Kamen, Schillerstr. 156.
- Grote, Josef, Ing., Essen, Neckarstraße 29.
- Groth, Hans, Ing., Essen-Steele, Dahlhauser Str. 108.
- Gründig, Karl, Dipl.-Ing., Düsseldorf-Rath, Helmutstr. 4.
- Grünwald, Heinrich, Dr.-Ing., Witten-Annen, Stockumer Str. 39.
- Grunert, Werner, Dr.-Ing., Marl i. Westf., Hiberniastr. 1.
- Güttler, Gerhard, Ing., Erkenschwick, An der Aue 132.
- Gugel, Hans, Ob.-Ing., Essen-Überruhr, Nockwinkel 15.
- Gugg, Josef, Ing., Essen-Altenessen, Grünstr. 12.
- Gummels, Gerhard, Ing., Essen, Defreggerstr. 12.
- Gundlach, Wilh., Ob.-Ing., Dortmund-Hörde, Suebenstr. 8.
- Haase, Klaus, Ing., Bad Salzungen, Osterstr. 47.
- Haaß, Alfred, Duisburg, Juliusstraße 8.
- Haberland, Fritz, Baurat, Dr.-Ing., Essen, Burggrafenstr. 95 I.
- Häberle, Albert, Ob.-Ing., Essen-Werden, Charlottenstr. 4.
- Hahn, Walter, Ob.-Ing., Mülheim-Ruhr, Bülowstr. 135.
- Hakenberg, Willi, Ing., Münster, Norbertstr. 10.
- Haller, Friedrich, Ob.-Ing., Duisburg, Tiergartenstr. 35.
- Hammerl, Norbert, Dir., Mehlem (Rhein), Rodderbergstr. 39.
- Hammerschmidt, Wilhelm, Dipl.-Ing., Essen-Huttrop, Auf dem Holleter 65.
- Hanko, Hans, Dipl.-Ing., Essen, Im stillen Winkel 36.
- Hannes, Heinrich, Ing., Bochum, Arndtstr. 17.
- Harke, Paul, Dir., Dipl.-Ing., Essen-Werden, Laupendahler Landstr. 215.
- Hartmann, Wilhelm, Oberhausen (Rheinland), Freiherr-v.-Stein-Straße 58.
- Hartweg, Otto, Ing., Wattenscheid, Heidestr. 55.
- Hasbach, Ludwig, Ing., Dortmund, Lortzing 31.
- Haß, Gisbert, stud. ing., Dortmund, Schillingstr. 36.
- Haverkamp, Hans, Essen, Münchener Str. 142.
- Hawig, Paul, Ing., Bottrop i. W., Horster Str. 44.
- Hechler, Franz, Dipl.-Ing., Essen-Rellinghausen, Kantorie 83.
- Heck, Werner, Ing., Essen West, Berliner Str. 151.
- Heckmann, Hans, Ing., Blankenstein (Ruhr), Hauptstr. 34.
- Hegemann, Hans, Ing., Dortmund-Barop, Ostenbergstr. 38.
- Heger, Wilhelm, Ing., Bottrop (Westf.), Schützenstr. 31.
- Heide, Erwin, Ing., Wickede (Ruhr), Ruhrwerkstr. 15.
- Heidkamp, Wilhelm, Ob.-Ing., Essen-Bredeney, Bredeneyer Straße 59.
- Heigl, Fritz, Dipl.-Ing., Augsburg, Schätzlerstr. 1 a.
- Heiliger, Hugo, Bauleiter, Moers, Bahnhofstr. 29.
- Heinemann, Franz, Lippstadt, Friedrichstr. 1.
- Heinrich, Walter, Dipl.-Ing., Wesel, Brüner Landstr. 3-5.
- Heising, Theo, Ob.-Ing., Duisburg-Hamborn, August-Thyssen-Straße 19.
- Heldt, Walter, Dipl.-Ing., Oberhausen, Essener Str. 3.
- Hellhake, Albert, Ing., Soest, Hoher Weg 28.
- Hellmich, Herbert, Ing., Mülheim (Ruhr), Prinzeß-Luise-Straße 87.
- Helms, Klaus, Ing., Essen, Landsberghof 28.
- von Henke, Gerh., Dipl.-Ing., Essen, Beethovenstr. 32, AEG.
- Hennicke, Gerhard, Dipl.-Ing., Dortmund, Arnold-Böcklin-Straße 57.
- Hentschel, Ludwig, Dr.-Ing., Münster, Stadtstr. 9.
- Herhahn, Albert, Dipl.-Ing., Baurat, Dortmund-Dorstfeld, Hochstraße 22.
- Herkendell, Wilhelm, Ob.-Ing., Bochum, Lerchenweg 45.
- Herkenrath, Wilh., Dir., Dipl.-Ing., Duisburg, Dehmstr. 18.
- Herklotz, Max, Ob.-Ing., Essen-Holsterhausen, Holsterhauser Straße 189.
- Hermes, Helmut, Essen, Norbertstraße 165, AEG.
- Hess, Heinrich, Dipl.-Ing., Walsum (Ndrh.), Schillerstr. 29.
- Hessbrügge, Josef, Gewerbeoberlehrer, Bottrop (Westf.), Gladbecker Str. 69.
- Hesse, Enno, Dipl.-Ing., Wanne-Eickel, Martinistr. 3.
- Heuking, Heinz, Duisburg-Hamborn, Kopernikusstr. 36.
- Heuser, Franz, Direktor, Duisburg-Hamborn, Grillostr. 2.
- von der Heyden, Hans, Dipl.-Ing., Cappenberg b. Lünen 76.
- Heyn, Alfred, Dipl.-Ing., Essen-Werden, Heckstr. 6.
- Heyne, Ernst A., Ing., Essen, Holsterhauser Str. 60.
- Hilgert, Wilhelm, Gladbeck, Uechtmannstr. 10.
- Hilker, Karl August, stud. ing., Dortmund-Brackel, Hellweg 130.
- Hillesheim, Rolf-Dieter, Unna (Westf.), Massenerstr. 52.
- Hinterbichler, Josef, Ing., Essen, Blumenthalstr. 18.
- Hirche, Rudolf, Ing., Witten (Ruhr), Wideystr. 42.
- Hitzbleck, Paul, Ing., Mülheim (Ruhr)-Saarn, Am Bühl 62.
- Hobrecker, Adolf, Dr., Dipl.-Ing., Dortmund, Schillingstr. 8.
- Hoerber, Horst, stud. ing., Dortmund, Wittekindstr. 15.
- Hörksen, Franz, Betriebsleiter, Duisburg, Lotharstr. 14 c.
- Hörst, Hans-Eugen, Ob.-Ing., Dortmund, Hansastr. 1 Ecke Kampstr., BBC.
- Hörtreiter, Joseph, Dr.-Ing., Essen, Ahornstr. 19.
- Höwer, Theodor, Ing., Essen-Werden, Im Hespargarten 9.
- Höwing, Johann, Ing., Gelsenkirchen-Buer/Hassel, Polsumer Straße 17.
- Hof, Erich, Recklinghausen-Suderwich, Suderwichstr. 230.
- Hoffmann, Otto, Ing., Essen, Hofringstr. 17.
- Hoffmann, Wilhelm, Ing., Kettwig (Ruhr), Zur Kanzel 4.
- Hoffstadt, Heinrich, Dipl.-Ing., Dortmund, Kaiserstr. 67.
- Hofmann, Arnold, Dipl.-Ing., Mülheim (Ruhr), Lehnerstr. 25.
- Holler, Wilhelm, Dipl.-Ing., Essen-Rellinghausen, Oberstr. 18.
- Holstein, Hans Joachim, Dr.-Ing., Dortmund, Baurat-Marx-Allee 24.
- Hoof, Walter, Ing., Duisburg, Bangertstr. 38.
- Hootz, Herbert, Dipl.-Ing., Duisburg, Geibelstr. 54.
- Horstmann, Heinz, Dipl.-Ing., Heiligenhaus, Isenbügel 2.
- Grosse-Hovest, Bernhard, Ing., Recklinghausen, Weisenburgstraße 13.
- Hubald, Bernhard, Dipl.-Ing., Marl-Drewer, Leverkusener Straße 27.
- Hubel, Eugen, Dr.-Ing., Mülheim (Ruhr), Antoniusstr. 5.
- Huck, Richard, Dipl.-Ing., Essen, Einigkeitstr. 31.
- Hülsberg, Fritz, Dipl.-Ing., Dortmund-Derne, Postfach 11.
- Hüning, August, Ing., Essen, Mülheimer Str. 82.
- Hüser, Heinz Karl, Dipl.-Ing., Dortmund, Sonnenstr. 14.
- Hüsing, Heinrich, Ing., Essen, Rüttenscheider Str. 135.
- Hüttermann, Friedrich, Ingenieur, Duisburg, Bismarckstr. 9.
- Hummen, Hans, Dipl.-Ing., Dortmund, Kreutzstr. 119.
- Hundertmark, Fridolin, Ingenieur, Dortmund-Hörde, Penningskamp 4.
- Hungsberg, Hans, Dipl.-Ing., Essen, Waldsaum 49.
- Hutter, Helm., Ob.-Ing., Brauweiler, Bez. Köln, RWE-Hauptschaltleitung.

- Imhof, Gustav, Ing., Essen-Steele, In der Lake 5.
 Irkes, Johann, Ing., Duisburg-Laar, Rheinstr. 52.
 Isenberg, Norbert, Ing., Arnsberg, Ringstr. 157.
 Isfort, Fritz, Dipl.-Ing., Essen-Bredeney, Kirchmannstr. 35.
 Ix, Heinrich, Krefeld, Oberbenrad 449.
 Janschek, Werner, Dipl.-Ing., Essen, Dammannstr. 56.
 Janus, Carl-Heinz, Ob.-Ing., Essen-Werden, Ruhrtalstr. 31.
 Jessen, Hans-Christian, Ob.-Ing., Bochum, Baarestr. 30.
 Jessulat, Walter, Dortmund-Hombruch, Karlsbader Str. 24.
 Jordan, Erhard, Dortmund, Mathias-Grünwald-Str. 65.
 Jung, Heribert, Dr.-Ing., Hamborn, Franzstr. 13.
 Jung, Johannes, Ob.-Ing., Essen-Borbeck, Haskenland 43.
 Kaiser, Gerhard, Ing., Witten, Schillerstr. 24.
 Kalden, Herbert, Baurat, Dipl.-Ing., Dortmund-Schönau, An der Palmweide 26.
 Kalweit, Gerhard, Ing., Unna-Königsborn, Kamener Str. 41.
 Kamphausen, Walter, Ing., Dortmund, Schubertstr. 8.
 Kappelmayer, Ludwig, Direktor, Mülheim (Ruhr), Am Lohbecker Berg 26.
 Kascha, Anton, Ing., Essen-Stadt-wald, Trappenbergstr. 13.
 Kassebeer, Heinrich, Dipl.-Ing., Dortmund, Kalvinstr. 40.
 Kassing, Wilh., Ing., Gelsenkirchen, Maelostr. 21.
 Kau, Josef, Ob.-Ing., Essen, Beethovenstr. 19.
 Käufer, Erich, Ob.-Ing., Gelsenkirchen, Ueckendorfer Str. 173.
 Kaufhold, Laurenz, Ob.-Ing., Essen, Mozartstr. 7.
 Kaufmann, Otto, Ob.-Ing., Essen, Saarbrücker Str. 45.
 Kaup, Hans, Direktor, Mülheim (Ruhr), Aktienstr. 29-31.
 Kemmerlings, Heinz, Wetter, Gustav-Vorsteher-Str. 4.
 Kerschgens, Franz Josef, Dipl.-Ing., Dortmund-Körne, Am Zehnthof 4, b. Schweisthal.
 Ketnath, Artur, Dr.-Ing., Dortmund, Arndtstr. 12 III.
 Keuchel, Günther, Dipl.-Ing., Essen, Rüttenscheider Platz 8.
 Kiehn, Herbert, Dipl.-Ing., Essen, Kruppstr. 16.
 Kircher, Josef, Ing., Dortmund, Karl-Marx-Str. 44.
 Klambt, Helmut, Ing., Dortmund-Hörde, Penningskamp 4.
 Klasen, Johann, Ing., Dortmund, Karl-Marx-Str. 44.
 Klemmt, Friedrich, Ing., Essen, Kantorie 91.
 Klewe, Ernst-Bernhard, Ing., Essen, Henricistr. 124.
 Klingenhöffer, Viktor, Dipl.-Ing., Dortmund, Nartopweg 7.
 Klöber, Wilhelm, Dipl.-Ing., Mülheim-Speldorf, Duisburger Straße 172.
 Klöpfer, Eugen, Ob.-Ing., Dortmund, Hohenfriedberger Str. 15.
 Knop, Otto, Elektromeister, Bochum-Langendreer, Friedrich-Geißel-Str. 8.
 Knust, Ludwig, Ing., Dortmund, Westfalendamm 277.
 Kober, Artur, Dipl.-Ing., Münster, Sentmaringer Weg 122.
 Königsbüscher, Fritz, Betr.-Ing., Bochum, Gilsingstr. 22.
 Koepchen, A., Dir., Dr., Essen, Maybachstr. 13.
 Koetter, Adolf, Direktor, Hagen, Ludendorffstr. 8.
 Kohl, Gustav, Dipl.-Ing., Dortmund-Berghoven, Falterweg 46.
 Kolkhorst, Friedr., Bergwerksdir. Ing., Rheinhausen-Hochemmerich, Diergardtstr. 8.
 Kondziella, Konrad, Ing., Bochum, Agnesstr. 26.
 Kopp, Carl-A., Ing., Oberhausen, Nohlstr. 75.
 Korff, August, Reg.-Baum. a. D., Essen, Liliestr. 21.
 Kottsieper, Hermann, Dipl.-Ing., Duisburg-Wedau, Königsberger Weg 58.
 Kramer, Karl, Ing., Dortmund, Sudermannstr. 20.
 Kranz, Wilhelm, Betr.-Ing., Wittbräucke über Dortmund, Im Kleff 2.
 Krause, Otto, Dipl.-Ing., Dortmund-Marten, Germaniastr. 14.
 Krause, Werner, Dipl.-Ingenieur, Essen-Werden, Im Löwental 1.
 Kreft, Walter, Dr.-Ing., Dortmund, Märkische Str. 202.
 Kremers, Willi, Ing., Essen-Kray, Osterkamp 27.
 Kreutzenbeck, Johannes, Ing., Essen-Borbeck, Herbrüggenstraße 212.
 Kriege, Adam, Dipl.-Ing., Essen, Severinstr. 24.
 Kröff, Hans, Dipl.-Ing., Bochum, Herner Str. 45.
 Kröner, Hans, Ob.-Ing., Essen-Heisingen, Am Langensiepen 27.
 Krüger, Adolf, Ing., Gelsenkirchen, Möntingplatz 2 I.
 Krüger, Eberhard, Ing., Dortmund, Schützenstr. 173.
 Krüger, Paul, Ing., Essen-Werden, Propsteistr. 13.
 Kühn, Axel, Ob.-Ing., Flüren ü. Wesel, Haus 25/3.
 Kühn, Kurt, Ing., Mülheim (Ruhr), Vonscheidthof 12.
 Kühne, Heinz, Ing., Berlin-Zehlendorf, Gartenstr. 14.
 Kühnel, Hans, stud. Ing., Dortmund, Körner-Hellweg 73.
 Kämpel, Friedr., Dipl.-Ingenieur, Essen-Rellinghausen, Frankenstraße 184.
 Küper, Julius, Dipl.-Ing., Essen, Kortumstr. 39.
 Küppers, Alfred, Dipl.-Ingenieur, Bochum-Gerthe, Heinrichstr. 57.
 Kugel, Johann, Dipl.-Ing., Dortmund-Hörde, Brücherhofstr. 79.
 Kubbler, Günter, stud. Ing., Essen, Sommerburgstr. 36.
 Kumm, Wolfgang, Dipl.-Ing., Duisburg, Kiefernweg 21.
 Kunde, Friedrich, Ing., Essen-Bredeney, Holunderweg 18.
 Kunz, Hugo, Ingenieur, Krefeld, Eupener Str. 143.
 v. d. Laden, Hermann, Ing., Bochum, Herner Str. 308.
 Lager, Peter, Ing., Mülheim (Ruhr), Kampstr. 25.
 Lakenberg, Wilh., Ing., Dortmund, Schillerstr. 32 a.
 Lammenett, Bruno, Dipl.-Ing., Rheinhausen, Major-Steinbach-Straße 22.
 Lammerskitten, Max, Ob.-Ing., Duisburg, Friedenstr. 85.
 Lange, Walter, Ing., Essen-Rellinghausen, Kantorie 99.
 Langner, Helmut, Ing., Bochum, Agnesstr. 29.
 Lanz, Julius, Dipl.-Ing., Gelsenkirchen-Horst, Schloß Horst.
 Lehmann, Walter, Dipl.-Ing., Essen, Walpurgisstr. 38.
 Lehmhaus, Friedrich, Dr.-Ing., Essen, Büscherstr. 8.
 Lehmkuhl, Heinrich, Betr.-Ltr., Wattenscheid, Ruhrstr. 192.
 Leikam, Karl, Ing., Hervest-Dorsten, An der Landwehr 74.
 Lenninger, Ludwig, stud. Ing., Duisburg, Prinz-Albrecht-Str. 54.
 Lent, Heinrich, Dr.-Ing., Recklinghausen, Cäcilienhöhe 102.
 Lentze, Günther, Ing., Dortmund, Robert-Koch-Str. 66.
 Leonhardt, Ludwig, Dipl.-Ing., Dortmund, Oesterholzstr. 44.
 Lettmann, Theodor, Dipl.-Ing., Essen, Beiseweg 1.
 Liebing, Werner, Ing., Mülheim, Vereinsstr. 27.
 Lindner, Karl, Dipl.-Ing., Essen-Borbeck, Pollerbecks Brink 9.
 Lindner, Richard, Dipl.-Ing., Münster, Achtermannstr. 22.
 Lindner, Siegmund, Dipl.-Ing., Essen-Altenessen, Krablerstr. 56.
 Lindstaedt, Wilh., Ing., Bochum, Agnesstr. 30.
 Link, Wilhelm, Dipl.-Ing., Mülheim (Ruhr)-Speldorf, Duisburger Straße 469.
 Lipken, Walther, Dipl.-Ing., Freienohl, Kr. Arnsberg, Bahnhofstraße 42.
 Litterscheidt, Josef, Dipl.-Ing., Essen, Halbe Höhe 18.
 Löbl, Oskar, Prof., Dr.-Ing., Essen, RWE-Hauptverwaltung.
 Locher, Franz, Ing., Bochum-Gerthe, Castroper Hellweg 378.
 Loebner, Friedrich, Dr.-Ing., Bochum-Gerthe, Hiltroper Landwehr 27.
 Loosen, Gerhard, Dir., Essen, Grashofstr. 6.
 Lücke, Friedrich, Dir., Dr., Hagen i. Westf., Marienstr. 16.

- Lüger, Hermann, Ing., Oberhausen-Osterfeld, Koppenburgstraße 50.
Lüneburg, Carl, Ob.-Ing., Essen, Alfredstr. 104.
Lütkecke, Werner, Ing., Gladbeck i. Westf., Lübecker Str. 6.
Mandewirth, Alfred, Elektro-Ing., Hamm, Zeppelinstr. 13.
v. Mangoldt, Walter, Direktor, Dr.-Ing., Erlangen, Hindenburgstraße 69.
Marten, Robert, Ing., Hagen-Vorhalle, Mühlenbrinkstr. 50.
Martin, Wilh., Dipl.-Ing., Essen, Hans-Niemeyer-Straße.
Maßberg, Otto, Ob.-Ing., Essen, Ruhrallee 32.
Maus, Rudolf, Ing., Bochum, Hattinger Str. 172.
Maybaum, Ludwig, Ing., Sundern, Hellefelder Str. 9.
Mayer, Gerhard, Ing., Oberhausen-Sterkrade, Neumühler Straße 29.
Mayr, Otto, Dipl.-Ing., Datteln, Lloydstr. 1.
Meckel, Rudolf, Ing., Wesel, Jülicher Str. 28.
Mehlkopf, Leo, stud. ing., Castrop-Rauxel, Maslingstr. 13.
Meier, Hans-Arthur, Dir., Dipl.-Ing., Essen-Bredeney, Brucker Holt 13.
Meinberg, Ewald, Ing., Recklinghausen, Bochumer Str. 6.
Meinhardt, Walter, Ing., Essen, Düppelstr. 13 b. Schuchardt.
Meister, Karl, Oberhausen, Sedanstr. 59.
Menke, Helmut, Ing., Essen-Rellinghausen, Rüstermark 53.
Mertens, Eduard, Dipl.-Ing., Gelsenkirchen, Luitpoldstr. 42.
Meschede, Hans, Ing., Dortmund-Schönau, Bergstr. 8.
Mevissen, Josef, Krefeld, Herderstraße 1.
Meyer, Eduard, Ob.-Ing., Mülheim (Ruhr), Auf dem Saarberg 77.
Meyer, Robert, Ing., Essen-Rellinghausen, Goldfinkstr. 27.
Meyn, Arthur, Dipl.-Ing., Mülheim (Ruhr), Gießer Str. 33.
Meysenburg, August-Wilh., Ing., Kettwig, Laupendahler Str. 49.
Meysenburg, Helmut, Dipl.-Ing., Kettwig, Laupendahler Str. 49.
Michels, Wilhelm, stud. ing., Gelsenkirchen, Sellmannshof 40.
Minhorst, Ewald, Ing., Hülz b. Krefeld, Bruckersche Str. 51.
Mirschinka, Herbert, Dipl.-Ing., Essen, Steubenstr. 63.
Missel, Theo, Dipl.-Ing., Essen, Am Ruhrstein 43.
Möller, Friedrich-Karl, Dipl.-Ing., Dortmund, Davidisstr. 34.
Möllerfeld, Aug., Ing., Münster, Weseler Str. 515.
Moritz, Walter, Dipl.-Ing., Bochum, Graf-Engelbert-Str. 30.
Mühlens, Willi, Dipl.-Ing., Essen-Rellinghausen, Renteilichtung 103.
Müller, Arthur, Dir., Essen-Werden, Tiergarten 50.
Müller, Erich, Baurat, Duisburg, Lortzingstr. 24.
Müller, Franz, Ing., Bochum, Agnesstr. 34.
Müller, Harald, Prof., Dr.-Ing., Essen-Haarzopf, Beckmannstr. 81.
Müller, Heinz, Dipl.-Ing., Essen, Rankestr. 26 b. Terhaag.
Müller, Siegfried, Dipl.-Ing., Essen - Kray, Heinrich - Senseweg 35.
Müller, Willy, Dir., Dipl.-Ing., Dortmund, Brinkstr. 16.
Muscheid, Hans-Joachim, Dipl.-Ing., Essen - Werden, Forstmannstr. 80.
Music, Alfred, Ob.-Ing. i. R., Mülheim (Ruhr) - Speldorf, Platanenallee 25.
Mussaeus, Paul-Friedr., Ing., Essen, Norberstr. 165.
Naaf, H. Willy, Ob.-Ing., Dortmund - Aplerbeck, Schwerter Straße 242 c.
Neisius, Anton, Ing., Duisburg-Meiderich, Unterführungsstr. 13.
Neiß, Egon, stud. ing., Dortmund, Schillingstr. 55.
Nelken, Werner, Ing., Essen, Rührtalstr. 173.
Neuhöfer, Heinz, Elektromeist., Bochum, Hildegardstr. 42.
Neumann, Helmut, Dipl.-Ing., Duisburg, Sonnenwall 54.
Neumann, Paul, Ob.-Ing., Duisburg, Lotharstr. 111.
Neumann, Walter, Dipl.-Ing., Essen-Stadtwald, Waldsaum 6.
Nieder, Hubert, Ing., Arnsberg i. Westf., Gartenstr. 19.
Niederfahrenhorst, Friedr., Gelsenkirchen-Buer, Crangerstr. 188.
Niederschulte, Paul, Ing., Bochum-Harpen, Harpener Hellweg 160.
Niehage, Günther, Dipl.-Ing., Dortmund-Hörde, Rheiner Dehlenstr. 2.
Niemann, Josef, Dipl.-Ing., Essen, Albrechtstr. 17 b. Eckardt.
Nieß, Günter, Ob.-Ing., Essen, Herwarthstr. 85 b. Wagner.
Ninnemann, Fritz, Dipl.-Ing., Essen, Bismarckstr. 7.
Nitschke, Heinz, Duisburg-Meiderich, Horststr. 37.
Nöhring, Walter, Ing., Essen-Heising, Beckumsfeld 6.
Nölke, Otto, Erich, Dr.-Ing., Essen, Alfredstr. 69.
Nordheim, Simon, Essen-Altenessen, Ellernstr. 86.
Nube, Wilhelm, Betr.-Ltr., Moers, Gellertstr. 15.
Orschel, Hans, Dipl.-Ing., Münster, Gertrudenstr. 42.
Osterloh, Hermann, Betr.-Direkt., Hagen i. Westfalen, Wehringhauser Str. 94.
Ostermann, Heinrich, Ing., Haltern, Weseler Str. 7.
Ott, Hermann, Moers, Diergardtstraße 44.
Otto, Alfred, Ing., Essen-Rellinghausen, Kantorie 97.
Otzen, Peter, Dir., Dipl.-Ing., Essen, Wallotstr. 23.
Overbeck, Willy, Dipl.-Ing., Dortmund, Vorwärtsstr. 20.
Pape, Paul, Dir. i. R., Ing., Dortmund - Kirchhörde, Dahmsfeldstraße 23.
Papenfuß, Hugo, Dipl.-Ing., Essen-West, Liebigstr. 94.
Paschvoß, Fritz, Dipl.-Ing., Kettwig, Thiemannstr. 13.
Paßmann, Bernh., Dr.-Ing., Dipl.-Berging., Essen-Heisingen, Elsaßstr. 1.
Patzner, Karl, Ob.-Ing., Essen-Steele, Horster Str. 46.
Paul, Richard, Ing., Essen, Erika-pfad 10.
Pauly, Peter, Recklinghausen 06, Merveldtstr. 477.
Pellenz, Ludwig, Baurat, Dipl.-Ing., Essen, Flemingweg 3.
Pelzer, Carl, Dipl.-Ing., Essen-Rellinghausen, Kantorie 43.
Pennekamp, Theodor, Wanne-Eickel, Im Hasenkamp 25.
Peres, Fritz, Ob.-Ing., Essen, Semperstr. 20.
Peters, Fritz, Dipl.-Ing., Dieringhausen, Lichtstr. 4.
Peters, Kurt, Ing., Heiligenhaus (Ruhr), Südring 145.
Petsch, Karl-Wilhelm, Dipl.-Ing., Essen, Rombergweg 34.
Pieper, Franz, Ing., Volmarstein (Ruhr), Schmandbruch 118 a.
Pieruschka, Bernhard, Ing., Herne, Manteuffelstr. 9.
Pirsch, Karl, Dipl.-Ing., Dortmund, Poppelsdorfer Str. 3.
Plietzsch, Ernst, Ob.-Ing., Essen, Wandastr. 12.
Ploke, Walter, Dipl.-Ing., Münster, Kolmarstr. 19 b.
Pohle, Karl-Heinz, Dipl.-Ing., Dr., Essen - West, Frohnhauser Straße 259.
Pohlmann, Heinrich, Dipl.-Ing., Hagen-Haspe i. Westf., Hördenstraße 54.
Polchau, Fritz, Dipl.-Ing., Unna, Hansastr. 118.
Pollmeier, Helmut, stud. ing., Dortmund - Barop, Am Hedreich 34.
Ponoschin, Igor, Dipl.-Ing., Dortmund, Mendestr. 12.
Poppe, Heinrich, Dir., Olpe i. Westf., Imbergstr. 7 a.
Prätorius, Ludwig, Dipl.-Ing., Essen-Beisingstr. 2.
Prasse, Walter, Betr.-Dir., Dipl.-Ing., Essen - Margarethenhöhe, Schliepmühle 4.
Precter, Heinrich, Ing., Wanne-Eickel, Magdeburger Str. 91.
Prehn, Fritz, Essen-Rellinghausen, Terbeckstr. 4.
Prejs, Hermann, Ing., Gelsenkirchen, Vohwinkelstr. 33.
Quade, Willi, Ing., Dortmund-Lindenhorst, Lindenhorster Straße 206.
Quanz, Georg, Dipl.-Ing., Bochum, Lessingstr. 11.

- Raabe, Hein, Ing., Essen, Heimstättenweg 17.
Rademacher, Fritz, Ing., Trier, Saarstr. 45.
Raeder, Karl, Ing., Bochum, Gahlensche-Str. 157.
Rathsmann, Georg, Elektro-Mstr., Dortmund, Goethestr. 55.
Raymund, Helmut, Dr.-Ing., Mülheim (Ruhr), Aktienstr. 98.
Redelberger, Wilhelm, Ob.-Ing., Mülheim (Ruhr), Dimbeck 69.
Reibe, Hermann, Ob.-Ing., Oberhausen-Sterkrade, Von-Trotha-Straße 32.
Reich, Arno, Ing., Altenböge ü. Unna, Zedenstr. 12.
Reichard, Bernhard, Essen, Wisthoffweg 22.
Reinfeld, Kurt, Ing., Essen-Frillendorf, Hubertstr. 164.
Reinhard, Herbert, Dipl.-Ing., Witten, Beethovenstr. 17.
Reinhardt, Gustav, Dr.-Ing., Mülheim (Ruhr), Am Schneisberg 24.
Reismann, Heinrich, Ing., Duisburg-Hamborn, Harnackstr. 36.
Reisner, Heinrich, Dipl.-Ing., Essen, Holunderweg 11.
Rempel, Hans-Jochen, Ing., i. Fa. K. Maedcker, Düsseldorf, Fringsstraße 2.
Renker, Johannes, Dipl.-Ing., Mülheim (Ruhr), Witthausstr. 24.
Rentmeister, Josef, Dir., Essen-Stadtwald, Rüstermark 19.
Rentmeister, Walter, Ing., Essen-Steele, Alt-Steele 20.
Renz, Alfred, Dipl.-Ing., Dortmund, Märkische-Str. 133.
Renzelberg, Hermann, Recklinghausen-S III, Merveldtstr. 35.
Reppekus, Fritz, Ing., Unna-Königsborn, Kamener Str. 41.
Riedel, Paul, Dipl.-Ing., Gelsenkirchen-Buer, Uhlenbrockstr. 12r.
Rienäcker, Waldemar, Dipl.-Ing., Essen, Otmarstr. 56.
Ries, Hugo, Ing., Münster in Westf., Rumphorstweg 24.
Ringel, Harry, Elektro-Ing., Bochum, Stensstr. 27.
Ritter, Walter, Dipl.-Ing., Essen-Holth., Ittenbachstr. 1 I.
Ritz, Friedrich, Ober-Ing., Essen, Steubenstr. 68.
Roderburg, Clemens, Dipl.-Ing., Duisburg-Hamborn, Kaiser-Wilhelm-Str. 120b.
Röder, Fritz, Ing., Essen-Margaretenhöhe, Sommerburgstr. 145.
Röhrig, Josef, Dipl.-Ing., Essen, Münchener Str. 164.
Rölle-Emden, Fritz, Ober-Ing., Mülheim-Ruhr, Kämpchenstr. 21.
Rohr, Werner, Ing., Dortmund, Stübchenstr. 2.
Ronnen, Hans, Ing., Essen, Michaelstr. 16.
Roser, Hermann, Dr.-Ing., Essen, Stubertal 8.
Rosier, Hans, Ing., Herne, Vinkestraße 5.
Roskoffen, Wilhelm, Duisburg, Hansastr. 134.
Roskowski, Otto, Dortmund-Gartenstadt, Lübkestr. 3.
Rossing, Franz, Ing., Dortmund, Schliepstr. 3.
Roth, Hans, Dr.-Ing., Gelsenkirchen-Buer 5, Ewaldstr. 11.
Roth, Udo, Dipl.-Ing., Gelsenkirchen-Erle, Wilhelmstr. 92.
Roth, Wilhelm, Erlangen, Donaustraße 14.
Rube Günther, Dipl.-Ing., Essen, Siepenstr. 23.
Rüter, Karl, Ing., Dortmund-Hörde, Seydlitzstr. 14.
Ruhrmann, Alfred, Dipl.-Ing., Kettwig, Zeppelinstr. 8.
Runge, Willy, Ing., Uffort/Moers, Liebrechtstr. 40.
Rusche, Heinrich, Dipl.-Ing., Witten-Bommern, Vormholzer Straße 46.
Ruthert, Heinrich, Ing., Gelsenkirchen, Rheinelbestr. 49.
Sauerland, Werner, Ing., Essen-Kray, Hubertstr. 320.
Schäfer, Kurt, Dipl.-Ing., Düsseldorf, Ruhrtalstr. 20.
Schäper, Hans-Werner, stud. ing., Oelde i. Westf., Vor den Knäppen 10 I.
Schanzmann, Hermann, stud. ing., Voerde/Niederrhein, Alexanderstr. 211 b.
Scharll, Rudolf, Ober-Ing., Essen, Gehrberg 58.
Scheffler, Hans, Ing., Hövelhof i. Westf. Nr. 149.
Schemann, Heinrich, Ing., Essen, Gneisenastr. 16.
Schenkel, Hans-Dietrich, Dipl.-Ing., Essen-Margarethenhöhe, Wortbergrode 2.
Schildheuer, Wilh., Ing., Welver-Meyerich, Im Pferdekamp 54.
Schirmanns, Willi, Dortmund-Hombruch, Grotenbachstr. 84.
Schirmer, Helmut, Dipl.-Ing., Herne, Goethestr. 56.
Schlecht, Hans, Dir. a. D., Arnberg i. W., Bahnhofstr. 44.
Schmalenströer, Wilh., Elektromeister, Castrop-Rauxel, Münsterstr. 93.
Schmeling, Günther, Ing., Herdecke (Ruhr), Hauptstr. 70.
Schmidt, Albert, Dipl.-Ing., Essen, Weserstr. 79.
Schmidt, Hermann, Ing., Dortmund-Lütgendortmund, Westricher Str. 6.
Schmidt, Kurt, Arnberg i. Westf., Feldstr. 1.
Schmidt, Ludwig, Ober-Ing., Dortmund, Hueckstr. 13.
Schmidt, Martin, Dipl.-Ing., Dortmund-Dorstfeld, Wittener Str. 38.
Schmitt, Ignatz, Fernmelderevisor, Essen, Rüttenscheider Str. 124.
Schmitt, Wilhelm, Dipl.-Ing., Essen, Rüttenscheider Str. 162.
Schmitz, Ludwig, Dr., Ratingen b. Düsseldorf, Freiligrathstr. 12.
Schmitz, Otto, Dipl.-Ing., Mülheim (Ruhr), Wittekindstr. 6.
Schmitz, Wilhelm, Prof. Dr., Mülheim (Ruhr)-Broich, Kassenberg 78.
Schneider, Emil, Ing., Dortmund, Eintrachtstr. 56.
Schneider, Otto, Ing., Dortmund-Derne, Altenderner Str. 25.
Schnepf, Otto, Ober-Ing., Rheinhäusen, Villenstr. 1.
Schobbe, Wilhelm, Ing., Mülheim, Im Eichenberg 32.
Schöller, Heinrich, Direktor, Essen, Sundernholz 79.
Schöller, Heribert, stud. ing., Dortmund, Nederhoffstr. 2.
Schön, Karl, Ing., Dortmund, Wittekindstr. 10.
Schön, Ludwig, Dr.-Ing., Essen, Lehngrund 79.
Schönrock, Erich, Dipl.-Ing., Flüren ü. Wesel, Flürener Weg 25/3.
Scholten, Alfred, Dipl.-Ing., Duisburg, Siegstr. 17.
Schombardt, Walter, Dipl.-Ing., Witten, Wennemasberg 1.
Schoß, Herbert, Dipl.-Ing., Essen, Rosastr. 57.
Schrader, Herbert, Ing., Dortmund, Paderborner Str. 113.
Schrader, Richard, Dipl.-Ing., Unna, Lessingstr. 17.
Schröer, Heinrich, Dr.-Ing., Bochum, Wittener Str. 355.
Schroer, Johannes, Ing., Mülheim (Ruhr), Im Kuhlendahl 149.
Schroer, Walter, Ob.-Ing., Gelsenkirchen, Wittekindstr. 24.
Schröers, Karl, Ing., Duisburg, Neue Marktstr. 14.
Schröers, Wilhelm, Ing., Duisburg, Neue Marktstr. 14.
Schröppel, Wilhelm, Dipl.-Ing., Mülheim - Saarn, Im Eichenberg 32.
Schrüter, Gottfried, Ing., Mülheim (Ruhr), Bleichstr. 14.
Schrüter, Otto, Dipl.-Ing., Würzburg, Schloerstr. 1.
Schuchard, Rudolf, Dipl.-Ing., Oberhausen, Alleestr. 14.
Schuler, Hans, Dipl.-Ing., Essen, Zweigertstr. 31.
Schuller, Siegfried, Ob.-Ing., Brambauer, Brechtener Str. 19.
Schulte, Eugen, Dipl.-Ing., Herne-Börnig, Dorfstr. 26.
Schultebrucks, Friedrich, Dipl.-Ing., Dortmund-Kirchhörde, Tiroler Str. 8.
Schulte-Kulmann, Herbert, Dipl.-Ing., Essen, Königgrätzstr. 8.
Schultz, Otto, Ing., Duisburg-Hamborn, Lehrerstr. 139.
Schulze, Arthur, Betr.-Ing., Duisburg, Scheffelstr. 3.
Schulze, Werner, Dr.-Ing., Dinslaken (Niederrh.), Gasstr. 15.
Schumacher, Ob.-Ing., Essen-Bredeney, Maybachstr. 3.
Schuster, Fritz, Dipl.-Ing., Hattingen (Ruhr), Hüttenstr. 41.
Schwappach, Heint., Ing., Bochum, Umlandstr. 52.
Schwarz, Hans, Dipl.-Ing., Essen, Beethovenstr. 32, AEG.
Schwedt, Heinz, Ing., Bocholt i. Westf., Heroldstr. 49.
Schwindt, Paul, Ob.-Ing., Mülheim (Ruhr), Hochfelder Str. 51.
Seeliger, Paul, Ing., Essen-Werden, Ludgerusstr. 6.

- Seibert, Richard, Ing., Essen, Kettwiger Str. 42.
- Seidler, Helmut, Ing., Essen-Bergeborbeck, Bottroper Str. 280.
- Seifert, Heinz, Dipl.-Ing., Lüdenscheid, Karl-Berg-Weg 14.
- Senkfeil, Ernst-August, Dir., Essen-Stadt w., Rüstermark 89 I.
- Sessinghaus, Fritz, Dir., Kierspe i. Westf., Dr.-Deisting-Str. 11.
- Siebert, Rolf, Ing., Gelsenkirchen-Horst, tom Hövel 9.
- Sieke, Günter, stud. ing., Gelsenkirchen, Bertastr. 21.
- Siemer, Hermann, Dipl.-Ing., Oberhausen, Gustavstr. 89.
- Siemers, Karl, Ing., Kempen (Niederrh.), Mülhauser Str. 71.
- Söns, Aloys, Ing., Essen, Guts-Muths-Weg 25.
- Sohler, Karl, Dipl.-Ing., Marl, Kr. Recklinghausen, Leverkusener Str. 29.
- Sommer, Heinz, Essen, Kaisers-hofstr. 37.
- Sommerfeld, Erich, Dr., Dipl.-Ing., Soest, Herenfridstr. 58.
- Sonderschefer, Max, Dipl.-Ing., Kettwig, Am Stadtwald 9.
- Spallek, Werner, Dipl.-Ing., Essen, Rütterscheider Str. 162.
- Specht, Otto, stud. ing., Dort-mund - Hörde, Willem-van-Vlo-ten-Str. 59.
- Spennemann, Ludwig, Dipl.-Ing., Winz, Post Lembeck ü. Hat-tingen (Ruhr), Isenbergstr. 26.
- Spitz, Georg, Direktor, Münster i. Westf., Hittorfstr. 5.
- Spitz, Karl, Betr.-Insp., Dort-mund-Wambel, Akazienstr. 58.
- Spott, Walter, Dir., Plaidt (Rheinl.), Rauschermühle.
- Stade, Walter, Ob.-Ing., Essen, Dammannstr. 86.
- Stamm, Emil, Ob.-Ing., Münster i. Westf., Hansaring 41.
- Stamm, Rudolf, Ing., Dortmund, Lauenburger Str. 14.
- Stanjek, Helmut, Dipl.-Ing., Dort-mund, Bachstr. 17.
- Steck, Hugo, Essen, Steuben-straße 62.
- Steffen, Paul, Dipl.-Ing., Duis-burg, Friedenstr. 83.
- Stein, Walter, Dipl.-Ing., Wetter (Ruhr), Hochstr. 19 a.
- Steinebach, J., Ing., Duisburg-Hamborn, Mecklenburger Str. 2.
- Steinhoff, Walter, Dipl.-Ing., Essen - Bredeney, Hugenberg-straße 23.
- Stelling, Hans, Wattenscheid, Höhrstr. 15.
- Stenner, Rudi, Ing., Dortmund, Plettenbergstr. 24.
- Stephan, Gerhard, Ob.-Ing., Essen-Stadt w., Goldammerweg 9.
- Sternickel, Heinrich, Ob.-Ing., Witten, Pferdebachstr. 72.
- Stiegler, Friedr., Dir., Dr., Dort-mund, Wiesnerstr. 5.
- Stille, Georg, Dipl.-Ing., Dort-mund, Kortumweg 4.
- Stockfisch, Georg, Dipl.-Ing., Dortmund, Rückertstr. 26.
- Stöhr, Walther, Ing., Dortmund-Schnee, Tunnelstr. 72 a.
- Stolte, Erwin, Dipl.-Ing., Dort-mund, Wittekindstr. 16 II.
- Stormanns, Albert, Ob.-Ing., Essen, Schinkelstr. 5.
- Stritzel, Wilhelm, Ing., Dort-mund, Springorumstr. 9.
- Strömer, Rudolf, Dipl.-Ing., Dort-mund-Eving, Bergstr. 64.
- Stückenschneider, Ferdinand, Ing., Bottrop i. Westf., Bahn-hofstr. 8.
- Stühlen, Hans, Ob.-Ing., Brau-weiler, RWE 4.
- Stumpf, Friedrich, Ing., Gelsen-kirchen, Grillostr. 69.
- Süßmann, Heinz, Dipl.-Ing., Münster, Weseler Str. 515.
- Sulzbacher, Heinrich, Betr.-Ing., Gelsenkirchen-Buer 6, Heistr. 29.
- Sulzbacher, Wilhelm, Gelsen-kirchen-Buer, Heistr. 29.
- Sust, Werner, Ing., Duisburg, Lotharstr. 123.
- Teubel, Gerhard, Ing., Dortmund-Körner, Hellweg 28.
- Thabe, Max, Dipl.-Ing., Dort-mund-Eving, Evingstr. 389.
- Thal, Karl Ludwig, Ing., Dort-mund, Hainallee 50.
- Thöne, Herbert, Dipl.-Ing., Essen, Am Mühlenbach 14.
- Thurm, Friedr., Dipl.-Ing., Essen, Christophstr. 1.
- Tielker, Erich, Dipl.-Ing., Trier, Benediktinerstr. 52.
- Tiemann, Friedrich, Ing., Duis-burg-Ruhrort, Eisenbahnstr. 20a.
- Tochtrop, Franz, Dipl.-Ing., Essen, Hagenastr. 38.
- Tost, Erich, Ing., Marl, Kr. Reck-linghausen, Wolfener Str. 2.
- Totzek, Fr., Wilh., Ing., Essen-Katernberg, Katernberger Str. 256.
- Trümmeler, Werner, Dipl.-Ing., Essen, Dammannstr. 94.
- Trute, Hermann, Bochum, Spohr-straße 17.
- Türk, Heinrich, Dülken, Bruch-weg 5.
- Tusch, Walter, Dipl.-Ing., Essen-Stadtwald, Waldsaum 17. II.
- Uhlenbruch, Karl, Ober-Ing., Bochum, Lessingstr. 5.
- Uhlenbruch, Roland, Betr.-Ltr., Bochum, Graffring 43.
- Uhlig, Kurt, Dipl.-Ing., Duisburg-Beek, Weststr. 18.
- Umstätter, Fritz, Ing., Unna-Königsborn, Wilhelminenstr. 1.
- Unger, Heinrich, Ing., Duisburg, Falkstr. 102.
- Urbigkelt, Otto, Hattingen/Ruhr, Nordstr. 2.
- Vable, Paul Werner, Ing., Dort-mund, Westfalendamm 273.
- Vehoff, Emil, Dortmund, Over-beckstr. 6.
- Vent, Otto, Dr.-Ing., Essen, Zweigertstr. 32.
- Verleger, Hugo, Ing., Essen-Bredeney, Blumenkamp 10.
- Vievering, Hans, Ing., Düssel-dorf, Blücherstr. 41.
- Vogelsang, Theodor, Dipl.-Ing., Bottrop, Prosperstr. 130.
- Vogt, Wilhelm, Dipl.-Ing., Essen, Richard-Wagner-Str. 84.
- Volk, Heinrich-Rudolf, Ing., Hammertal über Hattingen, Wohnlager Pleiger.
- Voll, Bert, Ing., Krefeld, Schön-wasserstr. 41.
- Vorschulte, Gustav, Ing., Dort-mund, Markgrafenstr. 157.
- Voß, Wilhelm, stud. ing., Westick ü. Kamen i. Westf., Germania-straße 46.
- Vossius, Kurt, Dipl.-Ing., Essen, Zweigertstr. 18.
- Wäsche, Werner, Ing., Dorsten, Südwall 29.
- Wahmann, Emil, Betr.-Chef, Dortmund-Hörde, Seydlitzstr. 48.
- Walgenbach, Wilhelm, Ing., Bot-trop i. Westf., Steinmetzstr. 9.
- Walther, Gerhard, Dipl.-Ing., Dortmund, Davidstr. 33.
- Warsch, Heinrich, Dir., Krefeld, Doppelfeldstr. 1.
- Weber, Werner, Dr.-Ing., Gelsen-kirchen-Buer, Springestr. 19.
- Wehn, Rudolf, Ing., Essen, Vie-hoferstr. 136.
- Wehnes, Werner, Ing., Essen-Stadtwald, Sunderholz 57.
- Weinand, Wilh., Ing., Arnsberg, Haarstr. 5.
- Weinbeck, Heinrich, Ing., Duis-burg, Kardinal-Galen-Str. 115.
- Weiß, Karl, Ing., Gelsenkirchen-Buer, Steinkohle 22.
- Weitkamp, Karl, Dipl.-Ing., Duis-burg-Ruhrort, Neumarkt 16.
- Welker, Theodor, Dipl.-Ing., Mül-heim (Ruhr), Schloßberg 13.
- Wende, Adolf, Großenbaum, Am Kiekenbusch 7.
- Wendeler, Heinz, Dipl.-Ing., Bottrop i. Westf., Randebrock-straße 23.
- Wendt, Rudi, stud. ing., Mül-heim (Ruhr), Bülowstr. 26.
- Wergin, Paul, Ob.-Ing., Essen, Eiland 8.
- Werner, Erich, Dipl.-Ing., Essen, Wandastr. 24.
- Werner, Friedrich, Dipl.-Ing., Essen RWE., Hoch-Tief-Haus.
- Werner, Hermann, Bochum, Stens-straße 27.
- Werner, Karl-Heinz, Dipl.-Ing., Essen-Stadtwald, Heisinger-straße 49.
- Werner, Wilhelm, Ob.-Ing., Essen, Manteuffelstr. 11.
- Werners, Paul, Dr.-Ing., Dort-mund, Alter Mühlenweg.
- Wessel, Albert, stud. ing., Herne, Bismarckstr. 86.
- Westermann, Gerhard, Ob.-Mstr., Hamm i. Westf., Caldenhofer Weg 57.
- Wichmann, Helmut, Ing., Dort-mung, Oesterholzstr. 40.
- Wieck, Günther, Dipl.-Ing., Essen, Brunnenstr. 59, b. Frensel.
- Wieder, Armin, Krefeld-Verberg, Zwingenbergstr. 2.

- Wiegand, Hans, Dipl.-Ing., Dortmund, Kostumweg 22
 Wiegand, Werner, Ing., Lüdenscheid, Reckenstr. 23.
 Wiese, Friedrich, Dipl.-Ing., Bochum, Stensstr. 4.
 Wieseler, Wilhelm, Ob.-Ing., Essen, Von-Seeckt-Str. 26.
 Wilbrandt, Heinz, Dipl.-Ing., Essen, Breslauer Str. 37.
 Willke, Richard, Dipl.-Ing., Bauass., Gelsenkirchen-Bismarck, Uechtingstr. 81.
 Willner, Herbert, stud. Ing., Gelsenkirchen, Markgrafenhof 29.
 Wilschhaus, Wilhelm, Dipl.-Ing., Hamm i. Westf., Brückenstr. 9.
 Winkelmann, Walter, Ing., Essen, Dreilindenstr. 60b.
 Winkelmann, Werner, Ing., Münster i. Westf., Kolmarstraße 19 b.
 Winkler, Heinz, Ing., Dortmund, Kolmarer Str. 12.
 Wirthwein, Otto, Dipl.-Ing., Lünen, Am Lünen Brunnen 1.
 Wischeropp, Hans, Dipl.-Ing., Essen-Kupferdreh, Kraftwerk.
 Wittekind, Otto, Ing., Essen, Henricistr. 77.
 Wittenberg, Heinrich, Ing., Duisburg-Hamborn, Harnackstr. 36.
 Wittstock, Wilhelm, Dir., Kettwig-Ruhr, Wilhelmstr. 2b.
 Wobbe, Stephan, Dipl.-Ing., Essen-Rellinghausen, Riesweg 117
 Wohler, Franz, Dir., Münster, Norbertstr. 14.
 Wolf, Walter Erich, Dipl.-Ing., Marl Krs. Recklinghausen, Leverkusener Str. 23.
 Wortmann, Josef, Ing., Münster, Weseler Str. 511.
 Wrohen, Günter, stud. Ing., Gelsenkirchen, Elsa-Brandström-Straße 6.
 Zander, Ernst, Ing., Dortmund-Lütgendortmund, Provinzialstraße 152.
 Zappen, Josef, Ing., Essen, Lilienstr. 21.
 Zeiger, Emil, Ing., Bottrop in Westf., Bahnhofstr. 8.
 Zeiger, Josef, Ing., Oberhausen, Niebuhrstr., Bahnbetriebswerk.
 Zeiller, Leopold, Ob.-Ing., Gelsenkirchen, Terneddenstr. 50.
 Zilka, Wilh., Ing., Gelsenkirchen, Kronenstr. 14.
 Zillmann, Richard, Ob.-Ing., Essen-Bredeney, Lilienstr. 1.
 Zimmer, Hubert, Ing., Essen-Rellinghausen, Heidehang 12.
 Zülch, Karl, Ing., Münster, Norbertstr. 14.
 Zwanziger, Werner, Dipl.-Ing., Dortmund, Wittekindstr. 16.
- Korporative Mitglieder**
 AEG-Schaltgeräte-Zweigwerk Menden, Menden, Wannebach 1.
 Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Essen, Kruppstr. 30.
 Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Duisburg, Sonnenwall 77/79.
- Bochumer Elektromotorenwerk W. Vogelsang, Bochum, Castroper Straße 89.
 Bochum-Gelsenkirchener Straßenbahnen-A.-G., Bochum, Wiemelhauser Str. 50-54.
 Brown, Boveri & Cie., A.-G., Dortmund, Überwasserstr. 3.
 Brown, Boveri & Cie., A.-G., Essen, Wandastr. 9.
 Concordia Elektrizitäts A.-G., Dortmund, Münsterstr. 231.
 Dominittwerke G. m. b. H., Dortmund, Brockhausweg 13.
 Dominittwerke G. m. b. H., Hoppecke, Kr. Brilon.
 Karl Dudeck, Elektro-Gerätebau, Wanne-Eickel, Haydnstr. 7.
 Duisburger Kupferhütte, Duisburg, Werthausen Str. 161.
 Dynamowerk Wanne-Eickel, Schulze & Sylbe, Wanne-Eickel, Dorstener Str. 306.
 Elektro-Apparate K.-G., Gothe & Co., Mülheim - Ruhr, Kruppstraße 196.
 Joh. Leidel, Elektr. Apparateb., Godh.
 Elektrotechnische Industrie Arend & Staforst, Duisburg - Wanheimerort, Wanheimer Str. 413.
 Wilh. Geiger G. m. b. H., Lüdenscheid, Loher Str. 27.
 Gelsenkirchener Bergwerks A.-G., Essen, Rosastr. 2.
 Gewerkschaft Carl, Bochum, Lange Str. 53.
 Gew. ver. Constantin d. Große, Bochum, Herner Str. 234.
 Gewerkschaft Mathias Stinnes, Elektrotechnische Abt. Z. Wiesche Mülh., Essen, Postschließfach 385.
 Hagener Straßenbahn A.-G., Hagen i. Westf., Wehringhauser Straße 94.
 Heseler Elektrobau Dipl.-Ing. Erich Heseler, Essen, Sälzerstr.
 Hoffmeister & Sohn, Lüdenscheid, Am Neuenhaus 4.
 Hüfel G.m.b.H., Herne, Bahnhofstraße 126a.
 Kabelwerk Duisburg, Duisburg, Wanheimer Str. 270-76.
 Alfred Kalthoff, Schalksmühle i. Westf., Jägerstr. 10.
 Kommunales Elektrizitätswerk Mark A.-G., Hagen i. Westf., Hochstr. 73.
 Metallwarenfabrik Maybaum, Sundern, Hellefelder Str.
 Hugo Miebach G. m. b. H., Dortmund, Adlerstr. 81-93.
 Rhein. - Westf. Elektrizitätswerk A.-G., Betriebsstelle, Dieringhausen.
 Rhein. - Westf. Elektrizitätswerk A.-G., Betriebsverwaltung, Duisburg-Hamborn.
 Rhein. - Westf. Elektrizitätswerk A.-G., Betriebsverwaltung, Essen, Viehoferstr.
 Rhein. - Westf. Elektrizitätswerk A.-G., Betriebsverw., Goldenbergwerk, Knapsack b. Köln.
 Rhein. - Westf. Elektrizitätswerk A.-G., Betriebsverw., Krefeld.
- Rhein. - Westf. Elektrizitätswerk A.-G., Hauptverwaltung, Essen, Hoch-Tief-Haus.
 Rhein. - Westf. Elektrizitätswerk A.-G., Kraftwerk Karnap, Essen-Karnap.
 Rhein. - Westf. Elektrizitätswerk A.-G., Siegerland, Siegen.
 Gustav Rölle Kom.-Ges., Witten-Bommern, Bodenborn 36.
 Robert Engler, „Roengler“ Dampf-
 bügeleisenfabrik, Gelsenkirchen, Schalker Str. 106.
 Georg Rüger & Co., vorm. Elektra G. m. b. H., Essen-Heidhausen, Heidhauser Str. 101.
 Gebr. J & C. Schneider, Hamm i. Westf., Königstr. 7.
 C. Schniewindt K.-G., Neuenrade i. W.
 Seckelmann & Co., Lüdenscheid, Freiherr-v.-Stein-Str. 12.
 Sicherungen-Bau G.m.b.H., Lünen i. W., Kappenberger Str. 51.
 Siemens & Halske A.-G., Technisches Büro, Essen, Kruppstraße 16.
 Siemens-Schuckertwerke A.-G., Essen, Kruppstr. 16.
 Stadtwerke Bochum, Bochum, Kaiser-Wilhelm-Str. 24.
 Stadtwerke Essen, Essen, Rütten-scheider Str. 27-37.
 Stadtwerke Hagen, Hagen (Westf., Wehringhauser Str. 105.
 Stadtwerke Münster, Münster i. Westf., Albersloher Weg 31.
 Stadtwerke Lünen G.m.b.H., Lünen, Borker Str. 56.
 Stadtwerke Oberhausen, Oberhausen, Danziger Str. 31.
 Stadtwerke Wanne-Eickel A.-G., Wanne-Eickel, Hauptstr. 89.
 Techn. Überwachungsverein Essen, Essen, Herkulesstr. 1-5.
 Trutmania G.m.b.H., Dortmund, Schönastr. 48.
 Voßloh - Werke G.m.b.H., Wer-dohl, Steinwerthstr.
 Verein. Elektrizitätswerke Westfalen A.-G., Bezirksdirektion Arnsberg, Arnsberg i. W., Eichholzstr. 37.
 Verein. Elektrizitätswerke Westfalen A.-G., Bezirksdirektion Dortmund, Dortmund, Weißenburger Str. 70.
 Verein. Elektrizitätswerke Westfalen, A.-G., Bezirksdirektion Dortmund, Zweigst. Bochum, Bochum, Freiligrathstr. 30.
 Verein. Elektrizitätswerke Westfalen A.-G., Hauptverwaltung, Dortmund, Westfalendamm 45.
 Verein. Elektrizitätswerke Westfalen A.-G., Bezirksdirektion Münster, Münster i. Westf., Achtermannstr. 22.
 VW-Werke Vincenz Wiederholt, Holzwickede.
 Wächter & Co., Essen, Gudulastraße 5.
 Wickmann-Werke A.-G., Witten-Annen, Annenstr. 113.
 Casp. Arn. Winkhaus, Cart-hausen i. Westf.

Elektrotechnische Gesellschaft Frankfurt am Main

im Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE)

Geschäftsstelle: Frankfurt a. M., Gutleutstr. 280, Telefone: 30 121, Postscheckkonto: Frankfurt a. M. 111 290.

Vorsitzender: Schmidt, Alfred, Direktor beim Kraftw. Frankfurt a. M., Frankfurt a. M., Gutleutstr. 280, Telefon: 30 121.

stellv. Vorsitzender: Autenrieth, K., Dipl.-Ing. in Fa. Voigt & Haeffner, Frankfurt a. M., u. Schriftführer: Hanauer Landstr. 142—172, Telefon: 40 151.

Kassenwart: Stabe, Heinrich, Dipl.-Ing. in Fa. Hartmann & Braun, Frankfurt a. M., Falkstr. 5, Telefon: 70 351.

Vortragsdezernent: Bütow, Walter, Dr.-Ing., Frankfurt a. M., Gärtnerweg 59, Telefon: 57 960.

Beiratsmitglied: Herz, K., Ministerialdirigent, Post- und Fernmeldetechn. Zentralamt, Frankfurt a. M., Elbestr. 1, Telefon: 30 521.
Humann, Dipl.-Ing., Farbwerke Höchst a. M., Telefon: 13 801.
Bornhövd, H., Dipl.-Ing., Fa. AEG, Frankfurt a. M., Mainzer Landstr. 23, Telefon: 30 051.

Adams, G., Dipl.-Ing., Darmstadt, Roquetteweg 34.
Albrecht, H., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M.-Höchst, Franz-Hessle-Straße 6.
Alles, Dir., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Mainzer Landstr. 23.
Andres, Fritz, Dir., Dr., Oberursel, Homburger Landstr. 32.
Apfel, Josef, Dipl.-Ing., Wiesbaden, Lessingstr. 10.
Arendt, Dir., Dr., Frankfurt a. M., Rossertstr. 3.
Arnold, A., Dir., Dipl.-Ing., i. Hs. AEG, Frankfurt a. M., Mainzer Landstr. 23.
Arnst, Eduard, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Kronberger Str. 14.
Assmuss, Alfred, Dipl.-Ing., Wiesbaden, Rheinstr. 91.
Aull, R., Ing., Frankfurt a. M., Spohrstr. 26.
Autenrieth, K., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Sachsenh. Landwehrweg 69.
Bach, Dir., Dr., Marburg (Lahn), Andréstr. 8.
Bagensky, Heinz, Ing., Wiesbaden, Schiersteiner Str. 6.
Bareuter, H., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Silberbornstr. 27.
Barkow, W., Ing., Frankfurt a. M.-Fechenheim, Am Rüttschlehen 14.
Bartels, Konrad, Ing., Frankfurt a. M., Friedrich-Ebert-Str. 35.
Barth, K., Dipl.-Ing., Jugenheim (Bergstraße), Felsbergstr. 5.
Bauer, Ernst, Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Liebigstr. 56.
Becker, Franz-August, Dr.-Ing., Geisenheim (Rhg.), Uferstr. 1.
Becker, Friedrich, Ing., Londerf (Oberhess.), Grünberger Str. 35.
Becker, Dipl.-Ing. Wisselsheim üb. Bad Nauheim, Hof Löwenthal.
Becker, Wilhelm, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Grüneburgweg 84.
Beckert, H., Dipl.-Ing., Beerfelden (Odenwald), Hirschorner Straße
Bechtlin, W., Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Im Klängenfeld 13.
Behne, F. sen., Ob.-Ing., Frankfurt a. M.-Eschersheim, Lindering 1.
Behne, F. jr., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M.-Eschersheim, Lindering 1.
Beines, H., Dir. Wiesbaden, Schützenhofstr. 11.
Bellen, H., Ob.-Ing., Eltville (Rhein), Holzstr. 17.
Bender, Karl, Ob.-Ing., Wetzlar, Bannstr. 34.
Bendmann, P., Dir. a. D., Frankfurt a. M., Friedrichstr. 31.
Best, H., Ing., Offenbach a. M.-Bürgel, Falltorstr. 13.
Betz, A., Ing., Frankfurt a. M., Hochschildstr. 15.
Biedenkopf, W., Dipl.-Ing., Gießen, Am Kugelberg 61.
Biedermann, R., Ing., Darmstadt, Riedlinger Str. 19.
Bielefeld, Walter, Wiesbaden, Mosbacher Str. 52.
Birkmann, H., Dir., Wiesbaden, Viktoriastr. 19.
Bode, O., Ob.-Ing., Frankfurt a. M.-Hausen, Große Nelkenstraße 19.
Bogenschütz, Rud., Dir., Frankfurt a. M.-Höchst, Bolongarstraße 97.
Born, F., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Mainzer Landstr. 23.
Bornhövd, I., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Falkensteiner Str. 10.
Both, Carl, Ob.-Ing. a. D., Walldorf, Farmstr. 19.
Brauer, Walter, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Flensburger Str. 32.
Braun, Ludwig, Friedberg, Burgsiedlung 25.
Braun, Wilfried, Prokurist bei H. & B., Frankfurt a. M., Falkstraße 5.
Breidert, Heinrich, Langen (Hessen), Turmgasse 11.
Breitling, P., Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Eschersheimer Landstraße 52.
Breser, J., Ing., Frankfurt a. M.-Schwanheim, Manderscheider Straße 58.
Bretzel, A., Ing., Langen, Friedhofstr. 17.
Brinkmeyer, Heinz, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Lindenstr. 22.
Brozler, E., Ing., Frankfurt a. M.-Eschersheim, Hügelstr. 87.
Buchholz, Heinz, Elektro-Ing., Frankfurt a. M., Wolfgangstr. 87.
Bülhoff, F. J., Elektro-Ing., Wiesbaden, Zietenring 3.
Bütow, Walter, Dr.-Ing., Frankfurt a. M., Gärtnerweg 59.
Bungartz, B., Zivil-Ing., Köln-Brück, Im langen Bruch 37.
Burkhard, F., Frankfurt a. M.-Eckenheim, Ronneburgstr. 50.
Cante, Cornelius, Frankfurt a. M., Neue Mainzer Str. 14-16.
Carle, Fritz, Frankfurt a. M., Cordierstr. 23.
Cartus, J., Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Neumannstr. 102.
Collischonn, G., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Mainzer Landstr. 23.
Conrad, Adolf, Meisenheim (Glan), Untergasse 14.
Conrad, W., Ing., Frankfurt a. M., Marbachweg 313.
Dabrowski, Th., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Falkstr. 5.
Dall, Theodor, Dr.-Ing., Frankfurt a. M., Bindingstr. 6.
Dehrmann, Rud., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Anton-Burger-Weg 87.
Dettmar, Th., Ing., Friedberg, Schützenrain 20.
Dick, Alfred, stud. Ing., Frankfurt a. M., Gronauer Str. 19.
Dienes, F., Ing., Mühlheim a. M., Müllerweg.
Diesner, Karl, Darmstadt, Rheinstraße 110.
Dietwig, Willi, Elektro-Ing., Worms, Klosterstr. 23.
Dietz, H., Ing., Offenbach (Main), Andréstr. 64.
Dietze, R., Dipl.-Ing., Jugenheim (Bergstr.), Pfungstädter Str. 5.
Dörfel, Joh., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M.-Höchst, Paul-Schwerin-Str. 12.

- Döring, Herbert**, Dipl.-Ing., Gießen-Klein-Linden, Wetzlarer Straße 2.
- Döring, W.**, Ing., Frankfurt a. M.-Ginnheim, Ginnheimer Hohl 26.
- Dolch, Alexander**, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Parlamentstraße 29.
- Düdder, Herbert**, Ing., Hattenheim (Rhg.), Mühlstr.
- Dürbeck, Hermann**, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Reinganumstraße 31.
- Eberhardt, W.**, (22b) Holzheim (Dietz), Friedhofstr. 1.
- Eckhard, H.**, Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Karl-Albert-Str. 38.
- Eichler, H.**, Frankfurt a. M.-Preungesheim, Kruggasse 10.
- Enders, R.**, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M.-Oberursel, Pfingstweidstraße 51.
- Engel, Erich**, Ing., Wiesbaden, Hindenburgallee 5a.
- Engelhardt, Hanns**, Dipl.-Ing., Offenbach (Main), Scheffelstr. 20.
- Engmann, Rudolf**, Ob.-Ing., Wetzlar, Philosophenweg 36.
- Estler, Martin**, Elektro-Ing., Frankfurt a. M., Gutleustr. 92 a.
- Ewald, Heinr.**, Ing., Frankfurt a. M.-Fechenheim, Konstanzer Straße 47.
- Feckinghaus, A.**, Dir., Frankfurt a. M., Gärtnerweg 61.
- Fester, J.**, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M.-Eschersheim, Grafenstraße 153.
- Feussner, K.**, Ing., Frankfurt a. M.-Rödelheim, Priesnitzstr. 2.
- Fey, Th.**, Ing., Bad Homburg v. d. H., Hindenburgring 106.
- Feyen, J.**, Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Kullmannstr. 24.
- Ficker, Erich**, Dipl.-Ing., Fauerbach b. Nidda, Kirchgasse 49.
- Finzi, A.**, Dipl.-Ing., Wiesbaden-Schierstein, Wilhelmstr. 46.
- Fischer, A.**, Dir., Fulda, Künzeler Str. 103.
- Fischer, Karl**, Ing., Frankfurt a. M., Textorstr. 91.
- Fischer, Robert**, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Baustr. 11.
- Fischler, Adolf**, Offenbach (Main), Marienstr. 56.
- Frank, Emil**, Frankfurt a. M., Borsigallee 11.
- Franzen, J.**, Dipl.-Ing., Wiesbaden, Langgasse 23.
- Freiberger, Dir. Dr.**, Frankfurt a. M., Bockenheimer Landstr. 109.
- Frischbier, A.**, Elektro-Ing., Seligenstadt (Hessen), Dammstr. 3.
- Fritzsche, Adolf**, Darmstadt, Landwehrstr. 43.
- Fürst, W.**, Ing., Frankfurt a. M., Cummersbergstr. 2.
- Fütterer, R.**, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M.-Höchst, Königsteiner Straße 175.
- Gärtner, H.**, Ing., Frankfurt a. M., Praunheim, Am Stockborn 12.
- Gantner, Arthur**, Ing., Dornhölzhausen (Taunus), Lindenstr. 13.
- Gasch, Albert**, Stadtrat, Offenbach (Main), Bierbrauerweg 43.
- Geiger, Franz**, Offenbach (Main)-Bürgel, Stiftstr. 5.
- Geiss, E.**, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Ditmarstr. 19.
- Geiss, E.**, Ing., Sulzbach i. Ts., Bahnstr. 28.
- Gemböck, Josef**, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Schubertstr. 16.
- Gengelbach, Paul**, Kelkheim-Münster, Frankfurter Str. 106.
- Georg, F.**, Ing., Wiesbaden, Waldstr. 43.
- Gerlach, Amandus**, Offenbach (Main), Goethering 11.
- Gerstel, C.**, Ing., Hadamar (Kr. Limburg), Faulbacher Str. 13.
- Gielow, F.**, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M.-Eschersheim, Anzengruberstraße 15.
- Gieraths, W.**, Dipl.-Ing., Darmstadt, Friedberger Str. 4.
- Giesecking, W.**, Elektro-Ing., Düsseldorf, Konkordiastr. 60.
- Göbel, Ernst**, Betr.-Dir., El.-Wk. Rheinhessen, Worms, Wilhelm-Leuschner-Str. 15.
- Gorn, Franz**, Dir., Frankfurt a. M., Wolfgangstr. 8.
- Graff, F.**, Direktor, Hersfeld, Am Markt 21.
- Greif, Georg**, Ing., Frankfurt a. M., Inkusstr. 15.
- Greger, W.**, Amtsrat, Frankfurt a. M., Elbestr. 1.
- Groh, Hanns**, Ob.-Ing., Langen (Hess.), Glockengasse 1.
- Gropefeld, Franz**, Dipl.-Ing., Wiesbaden, Lohengrinstr. 5.
- Gross, W.**, Ing., Oberursel i. Ts., Lenastr. 6.
- Grünberg, Otto**, Ob.-Ing., Wiesbaden, Kaiser-Friedrich-Ring 21.
- von Guldenstubbbe, Ernst**, Dipl.-Ing., Langenhain, Post Butzbach.
- Günther, Ludwig**, Elektro-Ing., Surabaja/Java (Indonesia), Djalan Setail 40.
- Guhr, Fr.**, Ing., Gießen, Marburger Str. 34.
- Gumprecht, Dipl.-Ing.**, Wiesbaden-Schierstein, Dotzheimer Str. 51.
- Gundlach, Fr.-W.**, Prof. Dr.-Ing., Darmstadt, Jahnstr. 129.
- Gutschalk, A.**, Bez.-Insp., Frankfurt a. M.-Höchst, Peter-Bied-Straße 3.
- Haaag, L.**, Ober-Ing., Frankfurt a. M., Eckenheimer Landstr. 281.
- Habersaat, L.**, Dir. i. R., Neuenhain, Königsteiner Str. 3.
- Habicht, Karl**, Friedberg, Hanauer Straße 22.
- Haer, E.**, Dir., Frankfurt a. M., Eysseneckstr. 28.
- Härtig, Hans**, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Arndtstr. 17.
- Hagemeler, Otto**, Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Westendstr. 76.
- Hahn, W.**, Ob.-Ing., Alzenau (Unterfranken), Bahnhofstr. 3.
- Hameister, Georg**, Dr.-Ing., Frankfurt a. M., Bockenheimer Landstraße 109.
- Hamm, G.**, Ob.-Ing., Hanau a. M., Birkenhainerstr. 55.
- Hammann-Kloss, Dipl.-Ing.**, Frankfurt a. M., Schumannstr. 19.
- Hanke, H.**, Hermannstein bei Wetzlar, Wetzlarer Str. 208.
- Hassencamp, Kurt**, Frankfurt a. M.-Höchst, Gerlachstr. 30.
- Hecker, Ob.-Ing.**, Königstein (Ts.), Opelpark 37.
- Heckl, M.**, Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Fritz-Reuter-Str. 2.
- Helduczek, Franz**, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Rothschildallee 48.
- Hein, Otto**, Ing., Gelnhausen, Heinrich-Mahla-Str. 2.
- Heinrich, A.**, Dipl.-Ing., Wiesbaden, Schiersteiner Str. 29.
- Heinrich, R.**, Dr.-Ing., Frankfurt a. M., Myliusstr. 9.
- Heinrichs, K. Fr.**, Prof., Dr.-Ing., Bingen (Rh.), Mainzer Str. 22.
- Helst, Wilhelm**, Kronberg (Ts.), Adlerstr. 2.
- Hempel, Robert**, Frankfurt a. M., Landgraf-Philipp-Str. 3.
- Hensel, W.**, Dr., Frankfurt a. M., Haingrabenstr. 57.
- Hensell, Prokurist i. Hs.**, Hartmann & Braun A.-G., Frankfurt a. M., Falkstr. 5.
- Herrmann, Friedrich**, Ing., Trier, Feldstr. 19.
- Hertwig, Erich**, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Falkensteiner Str. 10.
- Herz, K.**, Min.-Dirigent, Frankfurt a. M., Spenerstr. 2.
- Herzau, Max**, Frankfurt a. M., Launitzstr. 34.
- Hessel, Günther**, Dipl.-Ing., Offenbach (Main), Lützowstraße 4.
- Hesselbarth, Bernhard**, Ing., Montpellier (Herauld), Boulevard Berthelot 16.
- Heyn, Georg**, Dipl.-Ing., Leihgestern, Kr. Gießen, Wilhelmstraße 2.
- Hillesheimer, Walter**, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M. - Neu-Isenburg, Taunusstr. 67.
- Hörnle, A.**, Dr., Frankfurt a. M., Fallerslebenstr. 21.
- Hoffmann, K.**, Frankfurt a. M., Schultze-Delitzsch-Platz 12.
- Hofmann, Johann**, Ing., Wiesbaden, Aarstr. 26.
- Hohm, H.**, Ob.-Ing., Gelnhausen, Alte Leipziger Str. 1 d.
- Hohneck, W.**, Kirn (Nahe), Marktstr. 2.
- Holpert, Kurt**, Marbach, Kr. Marbach (Lahn), Marbachstr. 7.
- Holtzheuer, G.**, Frankfurt a. M., Inscheidener Str. 25.
- Hommel, C.**, Dr.-Ing., Frankfurt a. M., Myliusstr. 9.

- Honnens, M., Dipl.-Ing., Darmstadt, Luisenstr. 12.
Horn, Werner, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Olbrichstr. 98.
Horst, Adam, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Karl-Albert-Str. 18.
Hueter, E., Dr.-Ing., Darmstadt, Richard-Wagner-Weg 81.
Hufbauer, Walter, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Weberstr. 52.
Humann, H., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M. - Höchst, Emmerich-Josef-Str. 38.
Hummrich, E., Dipl.-Ing., Oberhattert b. Hachenburg (Westerwald).
Hunsinger, Walter, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Schloßstr. 88.
Huthoff, Rudolf, Frankfurt a. M., Oscar-Sommer-Str. 18.

Ihm, Adolf, Frankfurt a. M., Schumannstr. 33.
Ilge, Willi, Friedberg (Hessen), Schützenrain 15.

Janka, W., Friedberg (Hessen), Bismarckstr. 69.
Jescke, Alfred, Betr.-Ing., Königstein, Adelheidstr. 26.
Jockel, K., Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Eckenheimer Landstr. 144.
Johann, H., Dr., Hochstadt (Hanau), Jägerstr. 27.
Jordan, F., Dir., Dr., Frankfurt a. M., Mainzer Landstr. 90.
Jürß, Friedrich, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Reinganumstr. 12.
Jungmann, R., Großkrotzenburg, Bahnhofstraße.
Just, Ulrich, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Sonnemannstr. 55.

Kaege, Helmuth, Ingelheim-Mitte (Rh.), Wilhelmstr. 2.
Käpple, A., Michelstadt (Odenwald), Frankfurter Str. 17.
Kästner, W., Frankfurt a. M. - Praunheim, Bertholdstr. 5.
Kahl, Heinz, Ing., Frankfurt a. M., Habsburger Allee 28.
von Kaick, Hch., Frankfurt a. M., Unter den Platanen 6.
Kaiser, Erich, Frankfurt a. M., Elbestr. 47.
Kaiser, Dietr., Dipl.-Ing., Worms, Burkardstr. 12.
Kallweit, D., Ob.-Ing., Friedberg, Hanauer Str. 22.
Kappes, H., Dipl.-Ing., Langsdorf, Ki. Gießen, Weidengasse 20.
Kappesser, H., Osthofen (Rheinhessen), Tempelgrasse 2.
Karch, H., Ob.-Ing., Frankfurt a. M. - Höchst, Königsteiner Str. 56.
Kassau, Fr., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M. NO 14, Gagerstr. 18.
Kastner, F. A., Frankfurt a. M., Eckenheimer Landstr. 305.
Kayser, Jean-Piere, Dir., Luxemburg, Avenue de la liberté 12.
Keil, Adolf, Ing., Frankfurt a. M. - Höchst, Ludwigshafener Str. 7.
Keller, A., Dr.-Ing., Frankfurt a. M., Pflugstr. 14.

Kieselbach, Karl, Ing., Friedberg (Hs.), Obere Liebfrauenstr. 6.
der Kinderen, Jean, Dipl.-Ing., Hanau (Main), Hohe Tanne 5.
Kinzelbach, Rudolf, Ober-Ing., Frankfurt a. M., Neue Mainzer Straße 52.
Kirsch, Chr., Frankfurt a. M., Am Ebelfeld 207.
Klaus, Rudolf, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Hanauer Landstr. 136.
Klemm, Karl-Ernst, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Bergerstr. 143.
Klemm, W., Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Kettelerallee 61.
Klumker, H., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Am Forum 83.
Kneisel, Otto, Frankfurt a. M., Ahrtalstr. 4.
Knetsch, Fr., Dipl.-Ing., Lumda (Hessen), Bahnhofstr. 33.
Knierim, C., Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Hansaallee 61.
Kober, A., Dir., Neu-Isenburg, Beethovenstr. 93.
Koch, Friedrich, Burgholzhausen, Weinstr. 15.
Koch, Josef, Frankfurt a. M. 1, Friedberger Anlage 10.
Kochhafen, E., Ob.-Ing., Groß-Gerau, Wilhelm-Leuschner Str. 10.
Kömhoff, R., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Keplerstr. 5.
Kohrs, Ehrich, Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Unterweg 22.
Kopper, G., Wetzlar, Römerstraße 16.
Korndörfer, Georg, Dipl.-Ing., Darmstadt, Dornheimer Weg 24.
Kowalewski, Dir., Dr., Frankfurt a. M., Friedrichstr. 57.
Krämer, Ludwig, Ing., Frankfurt a. M., Hühnerweg 8.
Krämer, P., Offenbach (Main), Schäferstr. 5.
Krätz, Heinrich, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Mainzer Landstr. 23 (AEG).
Krieger, P., Borken (Bez. Kassel), Celle 8.
Kröning, G., Frankfurt a. M., Wildenbruchstr. 42.
Kron, W., Dipl.-Ing., Darmstadt, Seitersweg 100.
Krüger, Hans, Dipl.-Ing., Weißkirchen (Ts.), Taunusstr. 4.
Krüger, P., Neu-Isenburg, Offenbacher Str. 98.
Krumrey, Alfred, Heuchelheim b. Gießen, Heinestraße.
Kullmann, Theo, Frankfurt a. M. - West 13, Markgrafenstr. 15 b.
Kulose, Bernhard, Offenbach, Frankfurter Str. 147.
Kulp, Paul-Gerhard, Ing., Frankfurt a. M. - Griesheim, Waldschulstraße 15 III.
Kunz, Lothar, Ing., Frankfurt a. M., Heiderstr. 129.
Kurz, Adolf, Ob.-Ing., Gießen, Liebigstr. 35.
Kurz, H., Frankfurt a. M., Kinkelstraße 7.
Kyllus, E. P., Dipl.-Ing., Fulda; Frankfurter Str. 49.

Laese, Helmut, Bad Schwalbach (Ts.), Aarstraße.
Landgraf, Eduard, Dipl.-Ing., Wiesbaden, Mathildenstr. 5.
Landsiedel, Heinrich, Frankfurt a. M. 1, Seilerstr. 17.
Lang, W., Wiesbaden, Wartestraße 21.
Lange, F., Ob.-Ing., Frankfurt a. M. - Oberrad, Balduinstr. 49.
Langkau, H., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Guiolettstr. 56.
Lapp, Heinz, Hanau (Main), Französische Allee 25.
Laun, F., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M. - Eschersheim, Rheinstr. 29.
Lauster, F., Dir., Dr., Bad Soden-Salmünster, Huttenschloß, Marborner Straße.
Leber, Erich, Dipl.-Ing., Darmstadt, Schubertweg 14.
Leber, O., Dipl.-Ing., Eidengesäß (M.) 96 üb. Gelnhausen.
von Ledebur, Wigbert, Dipl.-Ing., Biedenkopf (Lahn), Hainstr. 90.
Lefeldt, Ch., Frankfurt a. M., Niederräder Landstr. 10.
Lehner, F., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Klaus-Groth-Str. 8.
Lemon, Herbert, Frankfurt a. M. - Ginnheim, Kurhessenstr. 156.
Lenz, F., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Wittelsbacher Allee 171.
Lettow, H., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Feuerbachstr. 6.
Lichtenberger, Fritz, Dr.-Ing., Falkenstein (Ts.), Altkönigstr. 12.
Lichtschlag, H., Dipl.-Ing., Langen (Hs.), Friedrich-Ebert-Str. 19.
Liebetrau, Kurt, Ob.-Ing., Steinheim (Main), Schillerstr. 19 b. Bauer.
Linck, Wolfgang, Dr.-Ing., Wiesbaden - Biebrich, Tannhäuser Straße 2.
Lind, V., Dipl.-Ing., Hochstadt (Hanau), Bischofsheimer Str. 13.
Lindenstruth, F., Ob.-Ing., Neu-Isenburg, Alicestr. 38.
Lindhoff, J., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Myliusstr. 49.
Lonsky, Paul, Wetzlar, Ed.-Kaiser-Straße 29.
Losukow, Klaus, Alsfeld (Oberhessen), Grünberger Str. 45.
Löscher, W., Ob.-Ing., Biedenkopf, Postfach 9.
Lösser, K., Offenbach (Main), Andréstr. 64.
Lüders, Günther, stud. ing., Frankfurt a. M., Ringelstr. 26.

Maaß, Erwin, Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Ringelstr. 42.
Maaß, W., Dir., Bad Nauheim, Mittelstr. 38.
Mark, W., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Wolfgangstr. 43.
Masing, Walter, Dr. rer. nat., Erbach (Odw.), Orangerie.
Masukowitz, Hans, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., in VDEW., Bockenheimer Landstr. 109.
Materna, Hans, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M. - West 13, Franz-Rücker-Allee 24.

- Mathes, Karl, Frankfurt a. M.-Bonames, Am Homburger Berg 7.
 Meier, Otto, Friedberg, Fritz-Ebert-Str. 9.
 Menzel, Hch., Ing., Offenbach (Main), Frankfurter Str. 147.
 Merkelbach, Heinrich, Frankfurt a. M., Myliusstr. 43.
 Mett, G., Frankfurt a. M., Brüder-Grimm-Str. 66.
 Metzler, Wilhelm, Bad Nauheim, Otto-Weiß-Str. 8.
 Meurer, H., Wetzlar, Gutleutstraße 2.
 Meyer, K., Dr.-Ing., Bad Nauheim, Benekestr. 14.
 Michel, Karl, Frankfurt a. M., Karl-Schurz-Str., Bau J.
 Michel, W., Dr., Frankfurt a. M., Gärtnerweg 61.
 Michels, J., Wiesbaden-Amöneburg, Dyckerhoffstr. 1.
 Mißling, Helmut, Dipl.-Ing., Gießen, Lonystr. 7.
 Möhl, Wolf, Ing., Wallernhausen b. Nidda, Erbsengasse 1.
 Moeller, Fr., Frankfurt a. M., Elbestr. 2.
 Moeser, K., Frankfurt a. M., Myliusstr. 6.
 Monkhorst, Erich, Dipl.-Ing., Bad Homburg, Schwedenpfad 48.
 Montanus, H., Frankfurt a. M., Usinger Str. 13.
 Moxter, Hans, Ing., Frankfurt a. M., Simonstr. 5.
 Müller, Ferdinand, Dipl.-Ing., Darmstadt, Sandbergstr. 77.
 Müller, Fritz, Ing., Schlangenbad (Ts.), Lochmühle.
 Müller, G., Dir., Langen, Elisabethenstr. 17.
 Müller, Heinrich, Reißen ü. Weinheim, Bergstr.
 Müller, K., Ob.-Ing., Maulbach, Kr. Alsfeld, Hintergasse 17.
 Müller, Karl Herbert, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Hügelstr. 117.
 Müller, P., Oberbaurat i. R., Bad Orb, Pension-Pflug, F. 364, Würzburger Str. 37.
 Münch, Otto, Frankfurt a. M., Morgensternstr. 36.
 Mundorf, W., Wetzlar (Lahn), Altenberger Str. 34.
 Nagel, J., Frankfurt a. M., Seilerstraße 14.
 Nath, Alfred, Ing., Johannisberg (Rhg.), Grund 141.
 Nejedlik, J., Ob.-Ing., Mülheim (Main), Schillerstr. 13.
 Nocker, W., Lauterbach (Hess.), Landsknechtstr. 2.
 Nolte, F., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Baseler Str. 27.
 Onnecken, O., Dipl.-Ing., Friedrichshof (Ts.), Dillinger Str. 19.
 Oppen, E., Dr.-Ing., Kronberg (Ts.), Schillerstr. 3.
 Ostertag, Fr. Gg., Elektro-Ing., Groß-Auheim, Steinheimer Straße 13.
 Ostmann, Gerhard, Frankfurt a. M., Gräfrstr. 62.
 Otter, H., Dir. i. Hs. Telefonbau u. Normalzeit, Frankfurt a. M., Mainzer Landstr. 134.
 Otto, H., Dipl.-Ing., Friedberg, Mainzertor-Anlage 33.
 Palm, A., Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Ruprechtstr. 4 p.
 Panzer, Otto, Erbach (Odenwald), Siedlung 12.
 Paret, Gerhard, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Linnestr. 14.
 Pauli, H., Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Friedberger Landstr. 75.
 Paulini, Karl, Frankfurt a. M., Eschersheimer Landstr. 368.
 Pein, Dipl.-Ing., Marburg, Im Gefälle 42.
 Petry, Rudolf, Wiesbaden, Winkelerstr. 14.
 Pettenpohl, Kurt, Frankfurt a. M.-Eschersheim, Am Lindenbaum 35.
 Philipp, Ing., Frankfurt a. M.-Süd 10, Niersteiner Str. 1.
 Pieper, Felix, Frankfurt a. M.-West 13, Franklinstr. 38.
 Pinl, H., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M.-Fechenheim, Jacobsbrunnenstr. 33.
 Pischel, F. W., Bam Homburg v. d. H., Dornholzhauser Str. 54.
 Pitthoff, Andreas, Frankfurt a. M.-Bornheim, Karl-Albert-Str. 39.
 Pitzer, Otto, Köppern i. Ts., Am Bahnhof.
 Platte, Emil, Bergen, Kr. Hanau, Brauhausstr. 4.
 Pöhler, Max, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Frankenallee 177.
 Pollak, Leo, Bad Vilbel, Friedberger Str. 50.
 Preding, Karl, Ing., Groß-Krotzenburg, Bahnhofstr. 65.
 von Preuschen, C., Dir., Frankfurt a. M., Wiesenau 12.
 Prinzhorn, Karl, Friedberg, Kaiserstraße 82.
 Pyroth, F., Frankfurt a. M.-Schwanheim, Manderscheider Straße 19.
 Quenstedt, E., Frankfurt a. M., Windmühlstr. 9.
 Rappold, A., Dipl.-Ing., Alpenrod (Westerwald Nr. 231.
 Reinhardt, Wolfgang, Ing., Frankfurt a. M.-Griesheim, Autogenstraße 16 a.
 Reinlein, K., Darmstadt, Kasinostraße 21.
 Rempel, Walter, Dörnigheim ü. Hanau, Backesweg 10.
 Rennwagen, W., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Liebigstr. 56.
 Reuter, Alois, Hofheim (Ts.), Kurhausstr. 4.
 Richter, Ph., Frankfurt a. M.-Höchst, Schützenbleiche 7.
 de Roche, Oskar, Wiesbaden, Nerotal 17, Villa Curityba.
 Rodde, Adolf, Dipl.-Ing., Wächtersbach (Gelnhausen), Friedr.-Wilhelm-Straße 218.
 Roediger, G., Dipl.-Ing., Hanau (Main), Spessartstr. 6.
 Röhlings, Julius, Ing., Neuhoft-ellers, Kr. Fulda, Gieseler-Straße 108.
 Rösner, E., Dipl.-Ing., Löhnberg (Lahn), Friedrich-Ebert-Str. 12.
 Roggendorf, Alex., Dr.-Ing., Frankfurt a. M., Bockenheimer Landstr. 109 in VDEW.
 Roth, Georg, Frankfurt a. M.-Niederrad, Zeppelinheim 123.
 Roth, H., Dr., Frankfurt a. M., Corneliusstr. 3.
 Roth, O., Niedererlenbach, Mittelweg 17.
 Rudolph, Wilh., Ing., Bad Homburg, Am Linsenberg 7.
 Rüb, Walter, Ing., Frankfurt a. M., Kaulbachstr. 6.
 Ruppel, Karl, Elektro-Ing., Frankfurt a. M., Holbeinstr. 44 a.
 Sadtler, H., Bad Homburg, Saalburgstr. 123.
 Salzmann, W., Frankfurt a. M., Ettlinger Str. 18.
 Sang, Hermann, Friedberg (Hs.), Feuerbachstr. 86.
 Sardemann, F., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Wielandstr. 39.
 Schack, W., Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Schwanthaler Straße 23, bei Feitel.
 Schäfer, Ernst, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M.-Höchst, Rotkelchenstraße 11.
 Schäfer, Hm., Nieder-Eschbach, Frankfurter Str. 94.
 Schäfer, H., Dr.-Ing., Frankfurt a. M., Bürgerstr. 15.
 Schäfer, L., Frankfurt a. M., Seckbacher Landstr. 30.
 Schäflein, Alfons, Dipl.-Ing., Dreieichenhain (Offenb.), Am Weingarten 11.
 Schaible, F., Frankfurt a. M., Pestalozzistr. 11.
 Scheer, Georg, Dipl.-Ing., Darmstadt, Fiedlerweg 14.
 Scheid, A., Offenbach, Friedenstraße 86.
 Scherer, Günther, Dipl.-Ing., Dietzenbach (Hessen), E.-Thälmannstr. 23.
 Scherer, Kurt, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Wiesenau 8.
 Schiweck, Arno, Klein-Auheim b. Hanau (Main), Waldstr. 64.
 Schlechter, H., Dipl.-Ing., Wetzlar, Gr. Promenade 1 a.
 Schliephake, Alf., Dr.-Ing., Gießen, Ludwigstr. 72.
 Schlosser, Karl, Dipl.-Ing., Bensheim - Auerbach, Heidelberger Straße 10.
 Schmelzle, Frankfurt a. M.-Griesheim, Schäfers Garten 9.
 Schmidt, Alfred, Dir., Kronberg-Schönberg (Ts.), Am Oberberg.

- Schmidt, August, Offenbach (Main), Sprendlinger Landstr. 76.
Schmidt, Heinz, Friedberg, Haingraben 3.
Schmitt, Fr., Dipl.-Ing., Frankfurt, Wolfgangstr. 10.
Schmitt, P. W., Schlüchtern, Krämerstr. 43.
Schmitz, H., Dipl.-Kfm., Frankfurt a. M., Am Hauptbahnhof 12.
Schneider, Heiner, Dir., Frankfurt a. M., Mainzer Landstr. 65.
Schneider, Heinrich, Dipl.-Ing., Offenbach (Main), Bieberer Straße 36.
Schneider, K., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Rothschildallee 32.
Schneider, P., Dir., Frankfurt a. M., Lindenstr. 37.
Schneider, R., Dir., Offenbach (Main), Ludwigstr. 84.
Schnell, E., Konsul, Frankfurt a. M., Kaiserstr. 22.
Schnell, W., Dr., Frankfurt a. M. 17, Weserstr. 4.
Schöllgen, Ing., Limburg (Lahn), Wiesletstr. 4.
Schön, Hans, Dipl.-Ing., Wiesbaden, Klopstockstr. 20.
Schörg, C., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M.-Höchst, Königsteiner Straße 54.
Schoof, H., Dipl.-Ing., Eppstein (Ts.), Cuntzstr. 13.
Schoof, F., sen., Ob.-Ing., Eppstein (Ts.), Cuntzstr. 13.
Schrodt, Nelly, Kronberg (Ts.), Oberer Lindenstruthweg 18.
Schubert, Wolfig, Ing., Bad Nauheim, Gustav-Kayser-Str. 20.
Schütte, H., Dipl.-Ing., Marburg (Lahn), Schückingstr. 15.
Schulz, B., Immenhausen b. Kassel, Obere Bahnstr. 6.
Schulz, Kurt, Dipl.-Ing., Wetzlar, Niedergirmeser Weg 57.
Schulz, R., Friedberg, Bismarckstraße 92.
Schulz, W., Frankfurt a. M., Kurhessenstr. 162.
Schwarz, Hans, Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Am Tiergarten 50.
Schwarz, Karl, Ing., Frankfurt a. M., Altkönigstr. 4.
Schwarz, Kurt, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Markgrafenstr. 1.
Schwedes, Ernst, Dipl.-Ing., Wetzlar, Nauborner Str. 13.
Schwenk, O., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Kaiser-Sigmund-Straße 59.
Schwing, Fr., Offenbach (Main), Brandsbornstr. 42.
Schwirllich, J., Eschwege, Höhenweg 14.
Seegmüller, F., Dir., Groß-Gerau, Gernsheimer Str. 22.
Seher, Karl, Offenbach (Main), Bettinastr. 113.
Seldel, F., Frankfurt a. M., Am Ebbelfeld 240.
Serg, Erwin, Ob.-Ing., Frankfurt a. M. - NO 14, Wittelsbacher Allee 164.
Sick, Hermann, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Dörnigheimer Str. 7.
Siefert, Werner, Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Brommstr. 21.
Sielcken, Willy, Dr. rer. nat., Frankfurt a. M., Niedenau 19.
Simon, Wilh., Dr.-Ing., Frankfurt a. M., Diehlmannstr. 22.
Sinn, Richard, Frankfurt a. M., Kurfürstenstr. 19.
Slootweg, A. M. R., Headingley Leeds 6, Grove Road 37 (England).
Speer, Heinz, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Wilhelmshöher Straße 201.
Speidel, Alfred, Dr., Frankfurt a. M., Friedrichstr. 35.
Spiesecke, H., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Ravensteiner Str. 5.
Spott, Wilh., Dir., Wiesbaden, Lahnstr. 2.
Staab, Alfred, stud. ing., Offenbach (Main), Karlstr. 44.
Stabe, Heinrich, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M.-Ginnheim, Am eisernen Schlag 46.
Stapf, Jos., Frankfurt a. M., Falterslebenstr. 33.
Stark, Aug., Ob.-Ing., Frankfurt a. M.-S. 10, Holbeinstr. 41.
Stassen, F., Ob.-Ing., Wölfersheim (Hessen), Bahnhofstr. 15.
Steinert, H., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Bockenheimer Landstraße 109.
Steinhauer, H., Oberursel (Ts.), Herzog-Adolf-Str. 9.
Stempelmann, C., Dir., Dr., Wiesbaden, Lanzstr. 18.
Steudter, Alfred, stud. ing., Frankfurt a. M., Alt-Niederursel 13.
Steuernagel, Paul, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Elkenbachstraße 20.
Stieger, Jean, Dr.-Ing., Suraba, Java (Indonesien), ANIEM, Embong Wungu.
Stock, G., Friedberg, Frankfurter Straße 2.
Strahlinger, W., Dipl.-Ing., Darmstadt - Eberstadt, Am Elfengrund 15.
Strichow, E., Rheinbollerhütte (Hunsrück).
Strott, Adam, Hintersteinau, Kr. Schlüchtern.
Suchanek, Fritz, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Landvogtstr. 4.
Teufel, E., Bad Homburg v. d. H., Römerstr. 22.
Thiel, A., Dr.-Ing., Bad Homburg v. d. H., Tannenwaldallee 3.
Thiele, A., Fulda, Probstestr. 22.
Till, Arthur, Hofheim (Ts.), Kellereiplatz.
Thörner, H., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Bornwiesenweg 63.
Toeller, Heiner, Dr.-Ing., Oberursel, Oberhöchstädter Str. 52.
Triebel, P., Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Jakobystr. 25.
Twachtmann, Georg, Frankfurt a. M., Bodenstedtstr. 4.
Trawnitschek, H., Garbenheim, Kr. Wetzlar, Kreisstr. 129 d.
Unverdroß, H., Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Böhmerstr. 3.
Viehmann, H., Dr.-Ing., Frankfurt a. M., Fehenheim, Dieburger Straße 39.
Vits, Heinz, Idar-Oberstein 1, Kreuzgasse 5, bei Haupt.
Vöglin, E., Dipl.-Ing., Trautheim (Darmstadt), Bismarckstr. 35.
Völker, Carl-Friedrich, Dr.-Ing., Frankfurt a. M., Feyerleinstr. 2.
Vogel, Heinz, Waldkappel, Bez. Kassel.
Vogel, Werner, Ing., Frankfurt a. M. - Griesheim, Alte Falterstraße 31.
Voigt, A., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Wöhlerstr. 3.
Volkmann, W., Aßlar, Kr. Wetzlar, Hauptstr. 27.
Voller, F., Dr., Oberursel (Ts.), Schillerstr. 26.
Volz, E., Elektro-Ing., Hanau (Main), Hohe Tanne 8.
Wagner, A., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M. - Höchst, Bolongarostraße 186.
Wagner, A., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M. - Rödelheim, Parkweg 14.
Wagner, K. W., Prof. Dr., Dr.-Ing., Friedrichsdorf (Ts.), Hauptstr. 61.
Wandt, Adolf, Dipl.-Ing., Wetzlar, Formerstr. 40.
Weber, W., Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Im Burgfeld 243.
Wecker, Otto, Limburg (Lahn), Wiesletstr. 6.
Wehlmann, W., Ing., Wiesbaden-Biebrich, Dyckerhoffstr. 3.
Weifenbach, G., Dipl.-Ing., Bad Soden (Ts.), Grenzstr. 21.
Weihe, M., Frankfurt a. M., Liliencronstr. 34.
Weiler, Hans, Frankfurt a. M., Parlamentstr. 14.
Weingärtner, W., Dr.-Ing., Frankfurt a. M.-Höchst, Königsteiner Straße 153.
Weintraud, E., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Gustav-Freytag-Str. 34.
Weißbach, J., Dipl.-Ing., Worms (Rhein), Hamannstr. 11.
Wellmann, Kurt, Ing., Darmstadt, Donnersberggring 66.
Welker, H., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Bockenheimer Landstr. 107.
Wend, H., Darmstadt, Landskronstraße 89.
Wenzel, F., Ob.-Ing., Frankfurt a. M. - Niederrad, Neuwiesenstraße 17.
Werner, H., Ing., Frankfurt a. M., Gräfestr. 91.
Wiegand, Paul, Dr.-Ing., Frankfurt a. M., Hanauer Landstr. 142 (V. & H.).
Wiesenecker, Philipp, Dipl.-Ing., Bischofsheim, Darmstädter Straße 7.

- Wilhelm, K.,** Dipl.-Ing., Hanau (Main), Leipziger Str. 28.
Winkler, Hans, Elektrische Anlagen, Frankfurt a. M., Glauburgstr. 78.
Winkler, Norbert, stud. ing., Offenbach (Main), Starkenburg-ring 55.
Winter F., Dipl.-Ing., Reichsbahnrat, Frankfurt a. M., Mainzer Landstr. 42.
Wirtz, K., Niederrodenbach, Butlastr. 9.
Witzell, W., Dipl.-Ing., Biedenkopf (Lahn), Bachgrundstr. 24½.
Wöll, K., Langen (Hessen), Walter-Rathenau-Str. 1.
Wolf, G., Ing., Grünberg (Oberhessen), Bahnhofstr. 10.
Wolf, H., Butzbach (Hessen); Kleeberger Str. 14.
Wolfsdorf, E., Ob.-Ing., Frankfurt a. M., An der Körnerwiese 12.
Wüstney, P., Ob.-Ing., Frankfurt a. M., Senkenberganlage 11.
Zeeh, Rolf, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Hallgartenstr. 39.
Zengerling, W., Dipl.-Ing., Bad Homburg v. d. H., Wilhelm-Meister-Str. 8.
Ziemen, R., Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Waidmannstr. 2.
- Korporative Mitglieder**
- Gebrüder Adt A.-G.,** Wächtersbach (Hessen).
Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft A.-G., Frankfurt a. M., Mainzer Landstr. 23.
Arbeitsgemeinschaft der Landesverb. der El.-Wk., Frankfurt a. M., Bockenheimer Landstraße 109.
Max Braun, Frankfurt a. M., Idsteiner Straße 91.
Brown, Boveri & Cie. A.-G., Frankfurt a. M., Weserstr. 26.
Calor - Emag, Elektrizitäts-A.-G., Werk Frankfurt a. M., Frankfurt a. M., Bornheimer Landwehr 41.
Carbone A.-G., Frankfurt a. M.-Bonames, Schließfach.
Cassella Farbwerke Mainkur, US-Administration, Frankfurt a. M.-Fechenheim.
Degussa, Frankfurt (Main) 1, Weißfrauenstr. 9.
Deutsche Bundesbahn, Hauptverwaltung, Offenbach (Main), Bieberer Straße 59.
Deutsche Dunlop Gummi Compagnie A.-G., Hanau (Main).
Devag Elektrizitäts-K.-G., Frankfurt a. M.-Rödelheim, Postfach 36.
Fritz Dienes, Mülheim (Main).
Ing. Dönges & Co., Krodorf b. Gießen.
- Dyckerhoff Portland-Zementwerke A.-G.,** Wiesbaden-Biebrich, Amöneburg.
EFEN, Eltville (Rhein), Postfach 8.
Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft, vormals W. Lahmeyer & Co., Frankfurt a. M., Guillolettstr. 48.
Elektrizitätswerk Rheinhessen A.-G., Worms (Rhein), Postschließfach 92.
Elektrobau Leicht und Trambauer K.-G., Pfungstadt (Hessen).
Elektro-Medizinische Werkstätten Hans Jak. Jost, Wiesbaden, Aarstr. 87.
Elektrotechnische Spezialfabrik Rudolf Bogenschütz, Frankfurt a. M.-Höchst, Bolongarost. 97.
Elfabana Elektrotechn. Fabrik G. m. b. H., Bad Nauheim.
Emda, Frankfurt a. M., Hanauer Landstr. 139-145.
Farbwerke Höchst US-Administration, Frankfurt a. M.-Höchst.
Frankfurter Transformatorenfabrik M. Topp & Co., Oberursel (Ts.), Zimmersmühlengeweg 21.
Gruppen-Gas u. Elektrizitätswerk Bergstraße A.-G., Bensheim (Bergstraße).
Hefrag, Wölfersheim (Hessen).
Hartmann & Braun A.-G., Frankfurt a. M.-West, Falkstr. 5.
W. C. Heraeus G. m. b. H., Hanau (Main).
Hessen-Nassaulsche Überlandzentrale G. m. b. H., Oberscheld.
Hessische Elektrizitäts-Aktien-gesellschaft, Darmstadt, Luisenstraße 12.
Hinkel & Sohn, G. m. b. H., Frankfurt a. M., Neue Mainzer Straße 14-16.
Isabellenhütte, Dillenburg
A. van Kalk, Frankfurt a. M.-Süd, Stresemannallee 15.
Kraftwerke Mainz-Wiesbaden A.-G., Mainz (Rhein), An der Alten Allee 5.
Kraftwerk Frankfurt, Frankfurt a. M., Gutleutstr. 280.
Kreis-Werke Braunkohlengrube Maria, Gelnhausen.
Kaiser-Wilhelm-Institut für Biophysik, Frankfurt a. M. - Süd, Forsthausstr. 70.
Kabelwerk Wilhelmminenhof A.-G., Arolsen (Waldeck).
Wilhelm Klörs, Frankfurt a. M.-Eckenheim, Eckenheimer Landstraße 306-310.
Otto Laakmann A.-G., Frankfurt a. M.-West 13, Jordanstr. 12.
Main-Kraftwerke A.-G., Frankfurt a. M.-Höchst.
Maschinenfabrik Wiesbaden A.-G., Wiesbaden-Dotzheim.
May & Christe, Oberursel (Ts.), Zimmersmühlengeweg 11.
- E. Merck, Rechtsabteilung, Darmstadt.**
Adolf Messer G. m. b. H., Frankfurt a. M., Hanauer Landstraße 314-326.
Ondal G. m. b. H., Hünfeld (Hessen), Hauptstr. 71.
Wilhelm Püttmann, Frankfurt a. M.-Ginnheim, Am Eisernen Schlag 56.
Quarzlampen-Gesellschaft m. b. H. Hanau (Main), Frankfurter Landstr. 1.
Rheingau Elektrizitätswerke A.-G., Eltville (Rhein).
Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerke A.-G., Kelsterbach (Main).
G. Schanzenbach & Co. G.m.b.H., Frankfurt a. M.-West 13, Adalbertstr. 15.
Robert Schneider K.-G., Offenbach (Main), Ludwigstr. 84.
Dr.-Ing. Schneider & Co., Frankfurt a. M. 17, Rebstöcker Str. 55.
F. W. Schneider, Frankfurt a. M.-Eschersheim.
Schoeller & Co., Frankfurt a. M.-Süd, Mörfelder Landstr. 115-119.
Siemens & Halske A.-G., Frankfurt a. M., Gutleutstr. 31.
Siemens-Schuckert-Werke, Frankfurt a. M., Gutleutstr. 31.
Der Bürgermeister der Stadt Bad Nauheim, Bad Nauheim.
Stadtwerke Hanau, Hanau (Main), Leipziger Str. 17.
Stadtwerke Mainz, Mainz (Rhein), Rhein-Allee 21-29.
Stadtwerke Marburg, Marburg (Lahn), Pilgrimstein 36.
Stadtwerke Offenbach, Offenbach (Main), Andrestr. 71.
Stadtwerke Wetzlar, Wetzlar (Lahn), Hermannsteiner Str. 1.
Stadtwerke Wiesbaden A.-G., Wiesbaden, Neugasse 8.
Telefonbau und Normalzeit G.m.b.H., Frankfurt a. M., Mainzer Landstr. 134-142.
Telefunken, Zwingenberg a. d. B.
Telefunken, Zentrale West, Frankfurt a. M., Bockenheimer Anlage 36.
Alfred Teves, Frankfurt a. M., Gustavsburgstr. 31.
Überlandwerk Mainz, Groß-Gerau.
Überlandwerk Oberhessen, Friedberg (Hessen).
VDM-Halbzeugwerke G. m. b. H., Abt. Drahtwerk, Mainz-Gustavsburg.
Vereinigung Hessischer Elektrizitäts-, Gas- und Wasserwerke, Wiesbaden, Marktstr. 16.
Voigt & Haeffner A.-G., Frankfurt a. M., Hanauer Landstraße 142.
C. Theod. Wagner A.-G., Elektrotechnische Fabrik, Wiesbaden.
I. Ed. Wunderle, Mainz-Kastell, Philippsring 1.

Elektrotechnischer Verein Südbaden e.V. Freiburg im Breisgau

Geschäftsstelle: Freiburg i. Brsg., Günterstalstr. 19, Telefon: 2747, Bankkonto: Ober-
rheinische Bank Freiburg, Kto.-Nr. 13 638.
Vorsitzender: Caprano, Karl, Dipl.-Ing., Freiburg i. Brsg., Günterstalstr. 19.
1.stellv. Vorsitzender: Tillessen, Dr. Direktor, Freiburg i. Brsg., Reischstr. 2.
2.stellv. Vorsitzender: Kleinsteuber, Werner, Dr., Konstanz, Bücklestr. 3.
Schriftführer: Kuntzemüller, Viktor, Dipl.-Ing., Freiburg i. Brsg., Schloßbergstr. 1.
Kassenwart: Bergmüller, Hermann, Direktor, Dipl.-Ing., Freiburg i. Brsg., Kaiser-
Josef-Str. 274.

Angstmann, Otto, El.-Ing., Kon-
stanz, Muntpratstr. 1.

Becker, Günter, Ing., Freiburg,
Engelberger Str. 6.

Becker, Wilh., Freiburg, Lands-
knechtstr. 18.

Bergmüller, Hermann, Dipl.-Ing.,
Freiburg, Kaiser-Joseph-
Straße 274.

Brenneisen, Ernst, El.-Kfm., Frei-
burg, Glümerstr. 15.

Budig, Gustav, El.-Ing., Frei-
burg, Stefan-Meier-Str. 84.

Buhlmann, Ludwig, El.-Ing., Frei-
burg, Turennestr. 51.

Burger, Otto, Oberbaurat, Frei-
burg, Schwaighofstr. 14.

Caprano, Karl, Dipl.-Ing., Frei-
burg, Bleichestr. 13.

Caprano, Johannes, Betr.-Dir.,
Stockach (Bd.), Ludwigshafener
Straße 29.

Duwe, August, Dipl.-Ing., Vil-
lingen (Schw.), Hebelstr. 2.

Ehret, Franz, El.-Techn., Frei-
burg, Schwarzwaldstr. 37.

Ehrle, Edwin, Dipl.-Ing., Singen
(Hohentw.), Freibühlstr. 51.

Fleig, Rudolf, El.-Ing., Triberg
(Schw.), Schwendstr. 2.

Flick, Otto, Ing., Freiburg, Drei-
königstr. 26.

Franz, Otto, Ob.-Ing., Freiburg,
Moltkestr. 36.

Gfell, Alfons, El.-Ing., Rhein-
felden (Bd.), Weinbergstr. 4.

Giasbrenner, Karl, Kfm., Frei-
burg, Zasiussstr. 34.

Glowna, Hans-Gerhard, Dipl.-
Ing., Hausach i. K., Hasel-
wander Str. 7.

Grün, Artur, Dr.-Ing., Konstanz,
An der Steig 8.

Hannemann, Heinz, Dipl.-Ing.,
Konstanz, Sierenmoosstr. 76.

Heizmann, Wilhelm, Direktor,
Freiburg, Maximilianstr. 32.

Hirtler, Karl, Ing., Freiburg, Im-
mentalstr. 7.

Höfer, Franz, El.-Ing., Freiburg,
Wilh.-Dürr-Str. 4.

Hüttinger, Fritz, El.-Ing., Frei-
burg, Sarwürkerstr. 7.

Jung, Philipp, Ing., Freiburg,
Moltkestr. 18.

Kätzer, Reinold, Ob.-Ing.,
Hausach, Inselstr. 30.

Kleinsteuber, Werner, Dr., Kon-
stanz, Sierenmoosstr. 78.

Krause, Eugen, Ing., Freiburg,
Wenzinger Str. 60.

Kretz, Rudolf, Ing., Kirchen-
hausen, Kr. Donaueschingen.

Kropp, Herbert, Projekt., Frei-
burg, Salzstr. 41.

Kuntzemüller, Viktor, Dipl.-Ing.,
Freiburg, Eschholzstr. 107.

Lämmlin, Walter, Ing., Freiburg,
Erwinstr. 21.

Lang, Otto, Dipl.-Ing., Offen-
burg, Hauptstr. 25.

Laur, Georg, El.-Ing., Überlingen
(Bods.), Nußdorfer Str. 35.

Leh, Hermann, Ing., Freiburg,
Schlierbergstr. 7.

Mandler, Hugo, El.-Ing., Frei-
burg, Franz-Liszt-Str. 2.

Müller, Karl, El.-Ing., Freiburg,
Wilh.-Dürr-Str. 4.

Neureuther, Karl, Ob.-Ing., Frei-
burg, Faulerstr. 4.

Nowotny, Robert, Dipl.-Ing.,
Freiburg, Blücherstr. 23.

Opel, Gottfried, Ing., Offenburg,
Mühlbach 1.

Pichert, Ernst, Ob.-Ing., Frei-
burg, Schwarzwaldstr. 203.

Platte, Hermann, El.-Ing., Frei-
burg, Scheffelstr. 43.

Prinzbach, Franz, Betr.-Leit.,
Haslach i. K., El.-Werk.

Quinke, Erich, Dir. i. R., Frei-
burg, Urachstr. 39.

Reichelt, Eitel, Dipl.-Ing., Kon-
stanz, Obere Laube 65.

Rump, Eduard, Dir., Dipl.-Ing.,
Gutach (Schwarzw.), Dorf-
straße 185.

Sauter, Karl, El.-Ing., Freiburg,
Reiterstr. 17.

Schattling, Paul W., El.-Ing.,
Freiburg, Tivolistr. 11.

Schenk, Helmut, Ob.-Ing., Rhein-
felden, Adelberg 6.

Schmitt, Willy, El.-Ing., Freiburg,
Flaunserstr. 3.

Schneider, Theodor, Ing., Frei-
burg, Günterstalstr. 26.

Schulze, Heinrich, Ob.-Ing., Frei-
burg, Sternwaldstr. 33.

Schweickardt, Hans, Ob.-Ing.,
St. Blasien (Schw.), Villa
Sonnenhalde.

Schweizer, Karl, Ing., Freiburg,
Bürgerwehrstr. 5.

Stolz, Willi, Ing., Freiburg,
Karlst. 49.

Strenge, Wilhelm, Ing., Freiburg,
Sarwürkerstr. 4.

Tillessen, Rudolf, Dipl.-Ing., Dr.-
Ing., Freiburg, Reischstr. 2.

Triemer, Felix, Ing., Freiburg-
Buchenbach, Gasthaus Himmel-
reich.

Unsell, Friedrich, Dir., Freiburg,
Dreikönigstr. 25.

Walter, Werner, Dipl.-Ing., Frei-
burg, Wintererstr. 7.

Wiesler, Friedrich, Ing., Frei-
burg, Freiligrathstr. 95.

Winter, Heinrich, Ob.-Ing.,
St. Georgen (Schw.), Bahnhof-
straße 17.

Wirbser, Oskar, Ing., Hinter-
garten, Erlenbruckstr. 46.

Wirz, Eduard, Oberbaurat, Frei-
burg, Schillerstr. 24.

Wundt, Helmuth, El.-Ing., Wags-
hurst (Bad.).

Zimber, Alfons, El.-Ing., Frei-
burg, Sandstr. 5.

Zorn, Alexander, Dipl.-Ing.,
Lindau (Bods.), Hayersberg 108.

v. Zuccamaglio, Karl Heinrich,
Dr., Rheinfelden (Bd.), Adel-
bergweg 13.

Korporative Mitglieder

AEG, Freiburg i. Br., Erasmus-
straße 1.

Aluminium G. m. b. H., Rhein-
felden (Baden).

Bad. Kraftlieferungs-ges., Frei-
burg i. Br., Günterstalstr. 19.

Brown, Boveri & Cie., A.-G.,
Freiburg i. Br., Faulerstr. 4.

24 Elektrotechn. Verein Südbaden e. V. Freiburg i. Br. — Verb. Deutsch. Elektrotechn. Bez. Hamburg e. V.

Elektr. Überlandzentrale Oberhausen, Herbolzheim (Baden).
 Elektrizitäts-Ges. m. b. H., Triberg, Schwarzwald.
 Elektr. Werk Mittelbaden A.-G., Lahr (Baden), Lotzbeckstr. 28.
 Elektro-Innung, Freiburg i. Br., Talstr. 5.
 Gewerbeschule (Dipl.-Ing. Pfister), Freiburg i. Br., Engelberger Straße.
 Kraftübertragungswerke, Rheinfelden (Baden).

Kraftwerk St. Blasien A.-G., St. Blasien (Schwarzwald).
 Lonza Werke, elektrochem. Fabr. G. m. b. H., Werk Waldshut.
 Masch. Fabrik A. Hummel Söhne, Heitersheim (Baden).
 Pintsch-Elektro G. m. b. H., Konstanz (Bodensee), Bücklestr. 3.
 Rheinkraftwerk Albrück-Dogern A.-G., Freiburg i. Br., Rempartstr. 16.
 Saba, Schwarzwälder Apparate-Bau August Schwer Söhne, Villingen (Schwarzw.).

Schluchseewerk A.-G., Freiburg i. Br., Rempartstr. 16.
 Süddeutsche Isolatorenwerke G. m. b. H., Freiburg i. Br., Schwarzwaldstr. 8.
 Stadtwerke Freiburg — El. Werk — Freiburg i. Br., Schloßbergstraße 1.
 Stadtwerke Konstanz — El. Werk — Konstanz (Bodensee), Gottliebstr. 29.
 Städt. Elektr. Werk, Villingen (Schwarzw.).

Verband Deutscher Elektrotechniker Bezirk Hamburg e. V.

Geschäftsstelle: Hamburg 1, Gerhart-Hauptmann-Platz 48, Telefon: 32 10 09, Postscheckkonto: Hamburg 3989.
 Vorsitzender: Kniffler, Alfred, Dr.-Ing., i. Hs. EBD Hamburg, Hamburg-Altona, Museumstr. 39, Telefon: 42 10 21/325.
 stellv. Vorsitzender: Wundram, Oskar, Baudirektor, Hamburg-Kl.-Flottbek, Ohnhorststr. 45, über Telefon: 49 18 81.
 Schriftführer: Finster, Ernst, Direktor i. Hs. AEG, Hamburg 36, Hohe Bleichen 31/32, Telefon: 34 16 12.
 Kassenwart: Meister, Rudolf, Dr.-Ing., i. Hs. HEW, Hamburg 1, Gerhart-Hauptmannplatz 48, Telefon: 32 10 09/604.
 Vorstandsmitglied: Ostermann, Willy, Ing., Hamburg 11, Rödingsmarkt 32, Telefon: 35 12 62.

Adolph, Johannes, Dr.-Ing., Hamburg, Gr. Burstah 31, Zi. 54.
 Altmüller-Ludwig, Ing., Hamburg-Kl. Flottbek, Baron-Vogh-Str. 2.
 Altsaedt, Ernst, Ing., Hamburg 24, Eiffestr. 56-62.
 Amerlan, Harl-Helz, Ing., Hamburg-Lokstedt, Grandweg 20.
 Ammermann, Hans-Joachim, Ing., Hamburg, Beim Hammer, Marktplatz 4.
 Andresen, Hugo, Ing., Hamburg 39, Henry-Budge-Str. 96.
 Anger, Curt, Elektro-Mstr., Hamburg-Poppenbüttel, Grenzweg.
 Anies, Hellmut, Ing., Hamburg-Bergedorf, Neuer Weg 259.
 Ann, Otto, Dipl.-Ing., Ahrensburg b. Hamburg, Manhagener Straße 31.
 von Appen, Harald, Ing., Hamburg 30, Gneisenastr. 6.
 Asmus, Robert, Ing., Hamburg-Blankenese, Mühlenberg 11.

Bade, Heinrich, Ing., Hamburg-Volksdorf, Tannenkamp 58.
 Bäcker, Wilhelm, Hamburg 1, Koppel 78.
 Baranowski, Willi, Ing., Hamburg 24, Mühlendamm 66.
 Barkmann, Karl, Dipl.-Ing., Baurat, Hamburg-Bramfeld, Steenkamp 26.
 Bartholdi, Theodor, Ing., Hamburg-Harburg, Albersstr. 14.
 Baum, Kurt, Ing., Hamburg-Wandsbek, Freesenweg 3.
 la Baume, Horst, Ing., Hamburg, Sinstr. 37 (Schule).
 Bayha, Hellmuth, Dipl.-Ing., Borstel üB. Bad Oldesloe.

Becker, Bringfried, Hamburg-Fuhlsbüttel, Drachenstieg 8.
 Becker, Eberhard, Ing., Hamburg-Bahrenfeld, Wittenbergstr. 9.
 Becker, Leopold, Elektro-Kaufm., Hamburg 1, Spitalerstr. 16.
 Becker, Theodor, Dipl.-Ing., Hamburg-Groß-Flottbek, Thünenstraße 20.
 Beckmann, Gerh., Dipl.-Ing., Hamburg 1, Schwanenwick 10.
 Beer, Friedr., Ing., Lübeck, Teerhofinsel.
 Behnel, Hermann, Ing., Kaltenkirchen (Holst.), Marschweg.
 Behnke, Otto, Hamburg-Bramfeld, Steilshöperstr. 413.
 le Bell, Carl, Ing., Hamburg 39, Fiefstücken 13.
 Berthold, Karl, Ing., Hamburg 1, An der Alster 29.
 Bethke, Walter, Ing., Hamburg 39, Baumkamp 31.
 Biella, Hch., Ing., Hamburg 33, Habichtstr. 35/332.
 Blume, Paul, Ing., Hamburg 4, Sophienstr. 24.
 Bode, Hermann, Dipl.-Ing., Hamburg 36, Holstenwall 8.
 Boehm, Leop., Dipl.-Ing., Hamburg 20, Leonhardtstr. 15.
 Böhnke, Karl, Dipl.-Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Langenh. Chaussee 27 II.
 Bohn, Edmund, Ing., Hamburg 20, Haynstr. 44.
 Bohnsack, Hans, Ing., Hamburg-Bergstedt, Ohlstedter Weg 50.
 Bojens, Christian, Dipl.-Ing., Hamburg-Bergedorf, Crysanderstraße 32a.

Bollmann, Ernst, Ob.-Ing., Hamburg 24, Erlenkamp 8.
 Bolze, Gerd, Hamburg-Bahrenfeld, Bahrenfelder Chaussee 138.
 Borchers, Karl, Hamburg 1, Am Ochsenzoll 48.
 Borgwardt, Fried, Ing., Hamburg 6, Carolinenstr. 5.
 Borgwardt, Gert, Ing., Hamburg 13, Feldbrunnenstr. 30.
 Boye, Hans, Ob.-Ing., Hamburg-Hausbruch, Alt Wiedenthal 29.
 Braasch, Hans, Techn.-Ass., Pinneberg, Datumer Chaussee 34.
 Brammer, Dieter, Ing., Lüneburg, Große Bäckerstr. 23.
 Brammer, Karl, Dipl.-Ing., Hamburg 39, Baumtwiete 9.
 Brandt, Bruno, Ing., Hamburg-Nienstedt, Neumannspark 13.
 Brandt, Erich, Ob.-Ing., Hamburg 20, Abendrothsweg 34.
 Bredner, Rich., Dr.-Ing., Hamburg-Nienstedt, Elbchaussee 137.
 Breitenstein, Charles, Dipl.-Ing., Hamburg 21, Adolphstr. 9a.
 Brüchert, Hermann, Ing., Hamburg 21, Fährstr. 29.
 Brügmann, Paul, Ing., Hamburg 20, Nissenstr. 14.
 Brümmer, Franz, Ing., Hamburg 19, Sophienallee 3.
 Brünig, Oskar, Oberbaurat, Hamburg-Rahlstedt, Schillerstr. 23.
 Bruns, Karl, cand.-Ing., Hamburg-Berne, Moschlauerkamp 38.
 Buck, Hans, Elektro-Mstr., Lüneburg, Feldstr. 30.
 Bünso, Carl, Elektro-Mstr., Hamburg-Wandsbek, Ernst-Albert-Straße 18.

- Buns, Rolf, Ing., Hamburg 24, Alfredstr. 54.
Burmeister, Herbert, Ing., Schmalenbeck/Gr. Hansdorf, Kohlenbargen 30.
Burmeister, Wilh., Ing., Hamburg-Groß-Flottbek, Arminstr. 3.
Busch, Alfred, Ob.-Ing., Hamburg-Altona, Bunsenstr. 5.
Busch, Hermann, Ing., Hamburg 39, Ohlsdorfer Str. 77a.

Camenisch, Georg, Ing., Hamburg-Volksdorf, Eulenkrugstraße 148.
Christensen, Joh., Ing., Hamburg-Wandsbek, Gustav-Adolf-Str. 22.
Claus, Georg, Elektro-Mstr., Hamburg-Sasel, Knickweg 80.

Dahle, Oskar, Ing., Hamburg 19, Lüttenlohstr. 68a.
Dankwärt, Hermann, Ing., Hamburg-Blankenese, Wulfsdahl 41.
Däumichen, Reinhold, Ob.-Ing., Hamburg-Schmalenbeck, Achtertwiete.
Daumann, C. Wilh., Ing., Hamburg 13, Isestr. 53.
Decken, Herbert, Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Ratsmühlendamm 32.
Demuth, Walter, Ing., Hamburg 20, Sudeckstr. 6.
Diedrich, Hch., Ing., Hamburg 24, Börnerstr. 13.
Detjen, Herbert, Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Zeppelinstr. 51.
Dietrich, Christ., Dipl.-Ing., Hamburg-Rahlstedt, Hermannstr. 32.
Disch, Franz, Dir., Hamburg-Lokstedt 2, Waldstr. 23.
Döhring, Gustav Ob.-Ing., Hamburg 13, Mittelweg 41.
Doil, Gerhard, Ing., Lüneburg, Schillerstr. 24.
Drobczyk, Paul, Ob.-Ing., Hamburg-Ottensen, v.d.Tann-Str. 5.
Düsterdieck, Erich, Dipl.-Ing., Hamburg-Rahlstedt, Heidekoppel 22.

Eckelmann, Herbert, Ing., Hamburg-Altona, Holländ. Reihe 69.
Eckstein, Wilma, Ing., Hamburg-Kl.-Borstel, Sodenkamp 36.
Ehlers, Edgar, Dipl.-Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Föhrenweg 29.
Ehlers, Johannes, Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Hummelsb. Landstraße 2.
Engler, Kurt, Ob.-Ing., Glückstadt, Rethövel 4.
Enkelmann, Max, Ing., Hamburg-Lokstedt, Julius-Vasseler-Straße 187.
Ernsting, Edgar, Ing., Hamburg 39, Willistr. 19.
Essberger, Eduard, Dipl.-Ing., Hamburg 39, Bellevue 54.
Euler, Hans, Dipl.-Ing., Hamburg-Blankenese, Süldorfer Kirchenweg 135.
Evers, Fritz, Dr.-Ing., Hamburg 20, Eppendorfer Landstr. 30.

Faesecke, Karl, Elektro-Mstr., Hamburg-Lohbrügge Bergkoppel, Wasserturm.
Farr, Karl, Ing., Hamburg-Lohbrügge 1, Ladenbeckerfurtweg 6.
Fehlau, Erwin, Ing., Hamburg-Altona, Wilhelminenstr. 18.
Feldheim, Werner, Dipl.-Ing., Hamburg 34, von-Elm-Weg 14.
Feldmann, Gerd, Ing., Hamburg-Hochkamp, Jenischstr. 86.
Felgentreu, Siegfried, Dipl.-Ing., Pinneberg, Elmshorner Str. 83.
Findeisen, Heinz, Ing., Hamburg-Wilhelmsburg, Georg-Wilhelm-Str. 50a.
Finster, Ernst, Dir., Hamburg 20, Isekal 5.
Fischer, Paul, Ing., Hamburg 1, Spitalerstr. 4.
Fitschen, Jürgen, Ing., Kutenholz über Bremervörde.
Fleischmann, Rudolf, Prof. Dr. rer. nat., Hamburg 36, Jungiusstraße 9.
Flögel, Heinrich, Ing., Hamburg-Ahrensburg, Waldstr. 7.
Förster, Erich, Ing., Lübeck, Drögestr. 9.
Frank, Dietrich, Dipl.-Ing., Hamburg-Volksdorf, Siedlungsweg 2.
Franz, Kurt, Dipl.-Ing., Hamburg-Bill., Billstedter Reichstr. 102.
Freiberger, H., Direktor Dr.-Ing., Hamburg-Blankenese, Am Kulsbarg 13.
Frentrop, Fried., Ing., Flintbek (Holst.), Nachtkoppel 7.
Fres, Ernst, Ing., Hamburg-Altona, Beetsweg 15.
Fritsche, Kurt, Ing., Pinneberg, Thesdorfer Weg 110.
Fuhr, Günter, Ing., Hamburg-Bergedorf, Große Str. 20.

Gäth, Heinz, stud.-ing., Hamburg 20, Tarpenbeckstr. 55.
Geller, Hermann, Ing., Hamburg-Gr.-Flottbek, Boothsweg 33.
Gellwitzki, Wolfgang, Dipl.-Ing., Holm-Seppensen, Lohberger Weg 33.
Gelsdorf, Karl, Dipl.-Ing., Hamburg-Harburg, Moorburger Straße 1.
Genanger, Kurt, Ing., Hamburg 39, Flemingstr. 1.
Gerster, Erich, Ing., Hamburg 19, Telemannstr. 39.
Ginkel, Paul, Ing., Hamburg 20, Eppendorfer Landstr. 64.
Goepfert, Joseph, Dipl.-Ing., Hamburg 39, Blumenstr. 59.
Götzl, Alfred, Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Rübenkamp 267.
Goos, Emil, Dr.-Ing. e. h., Dir., Hamburg-Blankenese, Fichtenweg 24.
Grawert, von, Eckhard, Dipl.-Ing., Hamburg-Nienstedt, Up de Schanz 24 b.
Greve, Ernst, Ing., Hamburg 19, Lüttenrothstr. 15.
Gröber, Johann Christ., Dr.-Physiker, Hamburg 21, Bassinstraße 2.

Gross, Hans, Dr.-Ing., Hamburg-Altona, Helmholtzstr. 15.
Grossmann, Fritz, Ing., Hamburg-Blankenese, Caprivistraße 41.
Grote, Egon, Ing., Hamburg-Finkenwerder, Nordmeerstr. 14.
Grunel, Friedr. Wilh., Ing., Hamburg 20, Inselstr. 4a.
Gruschke, Georg, Dr. phil., Hamburg-Altona, Hohenzollernring 29.
Gudehus, Herbert, Dipl.-Ing., Hamburg-Blankenese, Godeffroystr. 15.
Guhl, Rudi, Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Brombeerweg 63.
Gundlach, Wilh., Ob.-Ing., Hamburg-Ottensen, Hohenzollernring 29.
Gutjahr, Eberhard, Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Schlehdornweg 6.

Haase, Heinz, Dr.-Ing., Hamburg-Gr.-Flottbek, Beselerstr. 3.
Haefner, Kurt, Dipl.-Ing., Hamburg 21, Auguststr. 3.
Hagemann, Hans, Ob.-Ing., Hamburg-Harburg, Bergstr. 44.
Hagemeister, Fritz, Ing., Hamburg-Wandsbek, Lavendelweg 5.
Hahn, Robert, Ing., Hamburg-Wandsbek, Bramfelder Str. 50.
Hamburg, Paul, Ing., Hamburg 13, Harvestehuder Weg 7.
Hansen, Georg, Baurat, Hamburg 39, Willistr. 29.
Hansing, Wolfgang, Dipl.-Ing., Hamburg 24, Eilenau 35.
Harder, Hans, Ob.-Ing., Hamburg-Bergedorf, Neuer Weg 259.
Hartmann, Werner, Dipl.-Ing., Hamburg 39, Sierichstr. 4.
Hartmann, Willy, Ing., Hamburg-Altona, Spritzenplatz 5.
Hartung, Gerh., Ing., Pinneberg, Holstenstr. 11.
Hatje, Walter, Ing., Hamburg-Bahrenfeld, Brahmstr. 119.
Hauenschild, Wolfg., Dipl.-Ing., Hamburg-Blankenese, Auguste-Baur-Str. 22.
Hauser, Gustav, Ing., Hamburg 20, Schrammsweg 33.
Heer, Oskar, Dipl.-Ing., Hamburg 20, Eppendorfer Weg 279.
Heidelberg, Oskar, Dipl.-Ing., Hamburg 1, Ferdinandstr. 5.
Heiden, Carl, Ing., Tönninghausen/Winsen, Haus 10.
Heik, Gerhard, Dipl.-Ing., Hamburg-Blankenese, Frehsenstraße 35.
Heil, Willi, Dipl.-Ing., Hamburg 39, Maria-Louisen-Str. 2.
Heinen, Willi, Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Hummelsbütteler Landstr. 144.
Helmer, Rudolf, Ing., Hamburg-Bergedorf, Neuer Weg 259.
Hendricks, Hans, Dipl.-Ing., Hamburg 39, Veerstück 3.
Henkies, Erwin, Ing., Hamburg-Lokstedt, Mozartweg 42.

- Henn, Karl Wilh., Ing., Hamburg-Bahrenfeld, Händelstr. 5.
Henning, Otto, Ob.-Ing., Hamburg 33, Funhofweg 18.
Herbst, Heinrich, Ing., Hamburg-Blankenese, Bremersweg 5.
Hertel, Paul, Ing., Hamburg-Rahlstedt, Ohlendorffkoppel 18.
Hesse, Friedr., Ing., Hamburg-Bahrenfeld, Beethovenstr. 7a.
Hester, Hans, Ing., Hamburg-Volksdorf, Langenwiesen 3.
Heuser, Hans, Ing., Henstedt/Rehn, Post Ulzburg.
Heuser, Hermann, Elektro-Kfm., Hamburg 11, Brandswiete 27.
Hilke, Otto, Dr. rer. nat., Betr.-Ing., Hamburg-Gr.-Flottbek, Achtern Stieg 29.
Höleke, Carl, Ing., Hamburg-Kl.-Flottbek, Quellental 15.
Höpner, Otto, Ob.-Ing., Hamburg 13, Feldbrunnenstr. 11.
Höpner, Wilhelm, Ing., Hamburg-Wilhelmsburg, Kurze Str. 9.
Höppner, Hermann, Ing., Neugraben, Falkenberg-Siedlung, Haus 46, Ostblock.
Höroldt, Oswald, Ing., Hamburg 24, Wendenstr. 474.
Hoffmann, Joachim, Dipl.-Ing., Hamburg 22, Alter Teichweg 7/9, Haus G.
Hoffmann, Karsten, Ing., Hamburg-Rahlstedt, Schillerstr. 50.
Hofmann, Joh., Dipl.-Ing., Hamburg-Wandsbek, Josephstr. 37.
Hollmann, Herbert, Ing., Hamburg, Bahrenfelder Chaussee 50.
Hollmann, Werner, Ing., Hamburg 13, Feldbrunnenstr. 76.
Hollunder, Alfred, Ing., Geesthacht, Hohenhorner Weg 35.
Holtmann, Hubert, Dipl.-Ing., Hamburg-Wilhelmsburg, Georg-Wilhelm-Str. 183/185.
Horbach, Ludwig, Dr.-Ing., Min.-Rat a. D., Hamburg 39, Krochmannstr. 14.
Horneff, Georg, Ing., Hamburg-Hochkamp, Kap.-Tietzke-Str. 23, b. Jung.
Hoppe, Hans, Ob.-Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Rübenhofstr. 30.
Huck, Herbert, Ing., Stade, Altländerstr. 56.
Jacobi, Fried., Ob.-Ing., Hamburg-Lokstedt, Lokstedter Steindamm 3.
Jacobs, Hans, Ing., Hamburg-Kl.-Borstel, Oevern Block 32.
Jahn, Wilh., Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Niedernstegen 8.
Janota, Karl, Ing., Hamburg-Sasel, Op de Elg 29.
Jansen, Fritz, Ing., Hamburg-Wandsbek, Fliederweg 57.
Jenning, Walter, Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Timm Krögers Weg 14.
Jensen, Ralph, Dipl.-Ing., Hamburg 36, Hütten 85.
Jeschke, Hans, Dipl.-Ing., Hamburg 13, Jungfrauensthal 26.
Johannsen, Matthias, Ing., Hamburg-Harburg, Kroosweg 33.
Jordan, Martin, Dir., Hamburg-Nienstedt, Söbendieken 21.
Jung, Georg, Ob.-Ing., Hamburg 39, Bilsenstr. 35.
Käppel, Harri, Ing., Hamburg-Lokstedt, Waldstr. 20.
Käsemodel, Fritz, Ing., Hamburg 13, Mittelweg 115.
Kagel, Hans, Ing., Hamburg-Billstedt, Uferstr. 69.
Kaiser, Kurt, Ing., Barmstedt (Holst.), Bahnhofstr. 27.
Kaiser, Wilh., Ob.-Ing., Hamburg-Lokstedt, Vogt.-Wellsstraße 15.
Kallenbach, Ludwig, Dipl.-Ing., Hamburg 39, Sierichstr. 46.
Kampfenkel, Paul, Ob.-Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Rübenhofstraße 3.
Kanitz, Friedrich, Ob.-Ing., Hamburg-Altona, Schulterblatt 18.
Kanitz, Wilh., Ing., Hamburg-Altona, Glücksbürger Str. 9.
Kindermann, Hans Joachim, Dipl.-Ing., Elmshorn, Deichstr. 4.
Klaucke, Henry, Ing., Hamburg-Gr.-Flottbek, Papenkamp 10.
Kleber, Anton, Dipl.-Ing., Hamburg 34, Washingtonallee 2.
Kleinpeter, Hans Günter, Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Tornberg 14.
Klippe, Hans, Dir., Hamburg-Gr.-Flottbek, Beckmannstr. 13.
Klock, Günter, Ing., Hamburg-Gr.-Flottbek, Im Winkel 12.
Klöckner, Bernhard, Dipl.-Ing., Hamburg-Gr.-Flottbek, Cranachstraße 10.
Klöntsch, Paul, Ing., Hamburg-Rissen, Eibenkamp 12.
Knauf, Gerhard, Ing., Hamburg-Rahlstedt, Ahrensburger Str. 55.
Kniffler, Alfred, Dr.-Ing., Hamburg-Othmarschen, Halbmondweg 16.
Knoblich, Helmuth, Ing., Hamburg 30, Poststr. 14-16.
Koch, Friedrich, Ing., Hamburg 11, Gröningerstr. 22.
Koch, Joh. Adolf, Ing., Hamburg-Rahlstedt, Waldstr. 42.
Koch, Karl-Heinz, Student, Hamburg-Fuhlsbüttel, Bergkoppelweg 29.
König, Hans, Ing., Hamburg-Volksdorf, Herrenkrug 2.
Köppen, Wilh., Lüneburg, Auf der Hude 85.
Körfer, Carl, Dr.-Ing., Hamburg-Bergedorf, Schlebuschweg 25.
Koppe, Hermann, Ing., Hamburg 39, Stammannstr. 30.
Kosack, Hans-Joachim, Dipl.-Ing., Hamburg-Lehns., Dorfstr. 20.
Koswig, Rudolf, Ob.-Ing., Hamburg 21, Sentastr. 37.
Kraeff, Heinz, Dr.-Ing., Hamburg 4, Detlev-Bremer-Str. 24.
Krätzmann, Gerhard, Ing., Hamburg-Rahlstedt 1, Buchwaldstraße 49.
Kretzmann, Reinhard, Dr.-Phys., Hamburg 1, Mönckebergstr. 7.
Kröger, Heinrich, Ing., Hamburg-Wilhelmsburg, Rotenhäuser Twiete 1.
Kröger, Rudolf, Ing., Hamburg-Langenhorn 1, Im Ring 34.
Krüger, Robert, Ing., Pinneberg, Feldstr. 81.
Kruse, Erich, Ing., Hamburg 13, Werderstr. 30.
Kruth, Wilhelm, Baudir., Hamburg-Gr.-Flottbek, Feuerbacher Straße 22.
Kühl, Hans, Ing., Hamburg-Schnelsen, Schnelsener Reichstraße 175.
Kuhlmann, Carl, Dr., Bäurat, Hamburg-Bahrenfeld, Lyserstraße 8.
Kuhlmann, Richard, Oberpostlat. i. R., Hamburg-Gr.-Flottbek, Dürerstr. 9.
Kuntermann, Ludwig, Ober-Ing., Hamburg-Gr.-Flottbek, Hirtenweg 10.
Kuntke, Alfred, Ing., Hamburg-Wellingsbüttel, Up de Worth 3.
Kuschmann, Helmut, Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Eckhoffstr. 46.
Landsmann, Wilh., Kfm., Steinbeck/Buchholz, Kr. Harburg.
Lang, Wilhelm, Oberreichsbahnrat, Hamburg-Gr.-Flottbek, Seestr. 3.
Langbein, Helmut, Ob.-Ing., Hamburg 24, Graumannsweg 66.
Lange, Arthur, Ing., Hamburg 13, Johnallee 13.
Langrock, Herbert, Ob.-Ing., Hamburg 19, Alardinstr. 16.
Lassen, Thomas, Ing., Hamburg 33, Pfeiffersweg 3 III.
Legler, Albin, Ob.-Ing., Hamburg-Bahrenfeld, Valparaisostraße 8.
Lehmann, Ewald, Ob.-Ing., Hamburg 4, Rendelsburger Str. 10.
Lenckersdörfer, Herbert, Ob.-Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Justus-Strandesweg 3.
Lewerentzen, Kurt, Ing., Hamburg-Altona, Mühlenstr. 96.
Liedtke, Gerhard, Ing., Neumünster (Holst.), Göbenstr. 13.
Liersch, Richard, Ing., Hamburg-Volksdorf, Wietreie 59.
Lindmeyer, Werner, Dipl.-Ing., Hamburg, Mönckebergstr. 7.
Link, Herbert, Dipl.-Ing., Hamburg 34, Im Ried 19.
Linow, Peter, Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Feuerbergstr. 6.
Lion, Fr. Albert, stud.ing., Hamburg 13, Mittelweg 123.
Lohmeyer, Johannes C., Ing., Hamburg-Langenhorn, Langenhorn Chaussee 141.

- Lorenz, Arthur, Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Am Hasenberge 19.
Lorenzen, Claus, Ing., Satrup (Schleswig), Söruper Str. 2.
Lorenzen, Lauritz, Ing., Hamburg 20, Eppendorferbaum 24.
Lühr, Wilhelm, Dr.-Ing., Hamburg 24, Birkenau 43.
Lüssmann, Walter, Ing., Hamburg-Sasel, Hohensasel 1.
Lütgens, Carl, Dipl.-Ing., Hamburg 20, Alsterkrugchaussee 310.
Lütjen, Albert, Dipl.-Ing., Hamburg 39, Floot 10.
Lunge, Dieter, stud. Ing., Hamburg 13, Beim Schlump 13.

Magener, Wilh., Ing., Hamburg-Wandsbek, Stiftstr. 11.
Mann, Fritz, Ing., Lütjensee (Krs. Stormarn), Bei den Karpenteichen.
Marquardt, Alex, Ob.-Ing., Hamburg 21, Uhlenhorster Weg 37.
Martens, Günter, cand. phys., Lindhorst (Krs. Harburg).
Martens, Werner, Ing., Hamburg, Alter Teichweg 7-9.
Matschek, Karl, Ing., Hamburg-Bergedorf, Neuer Weg 50.
Matthaei, Hans, Dipl.-Ing., Nähe (Holst.), b. Runge.
Matthias, Karl, Elektro-Mstr., Hamburg-Poppenbüttel, Hauptstraße 36.
Mayser, Otto, Dipl.-Ing., Hamburg 13, Oderfelder Str. 13.
Mayerhofer, Franz Josef, Ing., Hamburg-Volksdorf, Horstlooge 27.
Meler, Willi, Elektro-Mstr., Hamburg-Altona, Paulsenplatz 6.
Melnhardt, Hans, Ing., Hamburg 24, Wendenstr. 471.
Melssner, Hans, Ing., Hamburg-Blankenese, Frensenstr. 57.
Meister, Rudolf, Dr.-Ing., Hamburg-Wandsbek, Gustav-Adolf-Straße 22.
Melchinger, Arthur, Dipl.-Ing., Hamburg-Gr.-Flottbek, Schenkendorffstr. 2.
Melüh, Paul, Hamburg 13, Gust.-Falke-Str. 48.
Melzer, Günter, Ing., Hamburg 19, Fruchttallee 120a.
Meumann, Peter, Ing., Hamburg 38, Alsterdorfer Str. 181.
Meyenburg, Franz, Dipl.-Ing., Hamburg-Hochkamp, Friedensweg 16.
Meyer, Carl, Dipl.-Ing., Hamburg-Wellingsbüttel, Saartreue 28.
Meyer, Heinrich, Lübeck, Seydlitzstraße 1.
Meyer, Werner, Ing., Hamburg-Blankenese, Neuer Weg 15.
Mierzwa, Willi, Ing., Lübeck-Travemünde, An der Loge 4.
Milch, Arthur, Ing., Hamburg-Hochkamp, Platenstr. 3.
v. Minden, Wilh., Ing., Hamburg 1, St. Georgstr. 49.

Mirowsky, Johann, Hamburg-Altona, Wohlersallee 19.
Mirowsky, Rudolf, Schaltmstr., Hamburg 30, Kaiser-Friedrichs-Ufer 27.
Möglich, Emil, Ing., Hamburg-Volksdorf, Peterstr. 18.
Möllenberg, Rolf, Ing., Hamburg-Wilhelmsburg, Schillerstraße 29.
Moeller, Rudolf, Ing., Hamburg 19, Eimsb. Chaussee 37.
Mönckmeier, Renate, El.-Ass., Hamburg-Altona, Poststr. 14.
Molle, Wilh., Elektro-Ing., Hamburg 19, Osterstr. 156.
Molter, Philipp, Ing., Hamburg 19, Fruchttallee 120a.
Moser, Alex, Ing., Hamburg-Billstedt, Hogenbergkamp 12.
Mosler, Erwin, Ing., Hamburg-Volksdorf, Im Kamp 9.
Müller, Carl, Dir., Hamburg 11, Steinhöfl 9.
Müller, Friedr. Wilh., Ing., Hamburg 1, Mönckebergstr. 7.
Müller, Gerhard, Ing., Hamburg 13, Isestr. 95.
Müller, Hans, Ing., Hamburg-Harburg, Bremer Str. 80.
Müller, Hans, Hamburg-Harburg, Hoppenstedtstr. 56.
Müller, Otto Friedr., Ing., Hamburg-Blankenese, Neuer Weg 12.
Müller, Walter, Ing., Hamburg-Bergedorf, Am Baum 53.
Müller, Walter, Uetersen (Holst.), Kühlenstr. 6.
Müller, Wolfgang, Dr.-Ing., Hamburg 20, Lenhartstr. 13.
Müller-Guntrum, Ulrich, Dipl.-Ing., Hamburg-Wandsbek, Rechteck 2.
Münkel, Ernst, Ing., Hamburg-Harburg, Stader Str. 302.
Müthel, Richard, Ing., Hamburg-Rissen, Achtern Sand 30.
Mumme, Heinrich, Ing., Hamburg-Blankenese, Birkenweg 1a.

Naehrer, Reinhard, Dr.-Ing., Hamburg 28, Packersweide 6a.
Nagel, Walter, Ing., Hamburg 13, Sophienterrasse 18.
Negle, Alois, Ing., Hamburg 33, Bromfelder Str. 53.
Negle, Franz, Ing., Hamburg-Langenhorn 1, Pannsweg 29.
Nelss, Oskar, Ing., Hamburg-Volksdorf, Krampengrund 13.
Nestel, Werner, Dr.-Ing., Hamburg 20, Heilwigstr. 2.
Neumann, Hans, Dr.-Ing., Hamburg-Volksdorf, Eulenkugstraße 98.
Neumann, Hans, Dipl.-Ing., Hamburg 1, Lübecker Tor 24.
Neumann, Uwe, Ludwig, Ing., Hamburg-Sasel, Fürberg 1.
Niedner, Bernhard, Dipl.-Ing., Hamburg-Billstedt, Billstedter Reichsstr. 105.
Niemeyer, Heinz, Dipl.-Ing., Hamburg-Wandsbeker Garten, Pillauer Str. 1.

Niermauntel, Wilh., Kfm., Hamburg 39, Jahnring 10.
Niese, Kurt, Ing., Hamburg 33, Wachtelstr. 3.
Niesing, Hans, Dipl.-Ing., Hamburg 13, Hallerstr. 6.
Nöldge, Helmut, Dr. rer. nat., Hamburg 13, Oberstr. 40.
Nusskern, Karl, Elektro-Mstr., Hamburg 39, Frühlingsgarten 30.

Oberstenfeld, Fritz, Ing., Hamburg-Bergedorf, Hassestr. 7.
Oeljeschlager, Hans, Ob.-Ing., Hamburg-Poppenbüttel, Alster-Twiete.
Oerding, Rudolf, Dipl.-Ing., Hamburg 13, Isestr. 83.
Oetjen, Friedrich, techn. Fabrikleiter, Hamburg-Hochkamp, Friedensweg 12.
Ohlsen, Otto, Dipl.-Ing., Hamburg-Nienstedt, Biesterfeldweg 4.
Onken, Walter, Ing., Hamburg 20, Alsterkrugchaussee 312.
Ostermann, Willy, Ing., Hamburg 11, Rädingsmarkt 32.
Otto, Ernst, Ing., Hamburg 28, Packersweide 3.

Paarmann, Ewald, Ing., Hamburg-Rahlstedt, Zollstr. 77.
Paradies, Rudolf, Ing., Hamburg-Rahlstedt, Hufnerstr. 35.
Parrhysius, W., Hamburg 20, Husumer Str. 8.
Paulmann, Hans, Ing., Hamburg 13, Parkallee 2.
Paulsen, Hermann, Ing., Hamburg-Niendorf, Gr.-Borsteler Straße 40.
Peters, Carl-Hermann, Ing., Hamburg-Altona, Kieler Str. 71.
Peters, Henry, Ob.-Ing., Hamburg-Rahlstedt, Farmsener Straße 24.
Peters, Johann, Ob.-Ing., Hamburg 13, Harvestehuder Weg 7.
Petersen, Emil, Ing., Hamburg-Harburg, Postweg 35.
Petersen, Fr., Hamburg 39, Goldbeckufer 33.
Pfannenberger, Otto, Ing., Hamburg-Altona, Fischersallee 20.
Piltzner, Albert, Elektro-Mstr., Hamburg 33, Stockhausenstr. 6.
Philipp, Heinrich, Dipl.-Ing., Hamburg 33, Reysesweg 10.
Philippelt, Hermann, Elmshorn (Hamburg), Klostersande 53.
Pingel, Johs., Ing., Hamburg-Sasel, Hohensasel 11.
Pinnau, Rudolf, Ing., Hamburg, Wiesenstr. 36.
Pirchl, Edgar, Dipl.-Ing., Hamburg-Gr.-Flottbek, Elbchaussee 177.
Poege, Ernst, Elektro-Meister, Hamburg 24, Immenhof 36.
Poppe, Julius, Elektro-Meister, Hamburg 4, Annenstr. 10.
Preßmaier, Rudolf, Ing., Hamburg-Veddel, Packersweide 14.
Prüb, Johann, Dr.-Ing., Hamburg 39, Hindenburgstr. 112.

- Prüter, Fritz, Ing., Hamburg-Gr.-
Flottbek, Schönaich-Carolath-
Straße 3.
- Puell, Friedrich, Ing., Ham-
burg 39, Dorotheenstr. 125.
- Pulides, Perikles, Dr.-Ing., Ham-
burg 13, Feldbrunnenstr. 40.
- Puls, Friedel, Ing., Hamburg-
Volksdorf, Mellenbergweg 5.
- Quitmann, Walter, Dipl.-Ing., Lü-
beck, Bugenhagenstr. 2.
- Raffelt, Josef, Ing., Hamburg 1,
Steinstr. 15.
- Rahe, Harry, Ing., Hamburg-Well-
lingsbüttel, Lindenallee 13.
- Rapcke, Rudolf, Ing., Ham-
burg 21, Uhlenhorster Weg 37.
- Rebber, Wilhelm, Ing., Hamburg-
Othmarschen, Ohlenkamp 19.
- Reh, Ludwig, Dipl.-Ing., Ham-
burg 39, Novalisweg 29.
- Reichel, Paul, Dir., Hamburg-
Hochkamp, Winkelmannstr. 16.
- Reichert, Heinz, Ob.-Ing., Ham-
burg 34, Sievekingsallee 212.
- Reinhold, Wulff Detlev, Dipl.-
Ing., Hamburg-Blankenese, Am
Krähenberg 29.
- Richter, Ernst - Heinrich, Ing.,
Hamburg-Ottensen, Bernadotte-
straße 18.
- Rieck, Otto, Ing., Hamburg-Curs-
lack, Hausdeich 209.
- Rimmele, Ferdinand, Ing., Ham-
burg 1, Kreuslerstr. 10.
- Rindfleisch, Hans, Dr.-phil., Ham-
burg 13, Rothenbaumchausse 132.
- Ritz, Hans, Dr., Hamburg-Well-
lingsbüttel, Bramfelder Str. 53.
- Rode, Otto, Ing., Hamburg 13,
Rutschbahn 10.
- Rodewaldt, Heinrich, Ing., Ham-
burg 39, Goldbecher 47.
- Röhl, Rolf, stud. ing., Ham-
burg 13, Klosterallee 61.
- Röse, Otto, Ing., Hamburg-Fuhls-
büttel, Etzestr. 20.
- Rohan, Hans, Ing., Hamburg 1,
Speersort 17.
- Rohde, Curt, stud. ing., Ham-
burg 39, Sierichstr. 158.
- Rompf, Otto, Ob.-Ing., Hamburg-
Blankenese, Fichtenweg 28.
- Roscher, Hans, Ing., Hamburg 33,
Burmesterstr. 1.
- Rothermann, Arthur, Ing., Ham-
burg 11, Hahntrapp 3.
- Rüsch, Bernhard, Ing., Ham-
burg 34, Rhiesweg-Schul-
koppel 33.
- Sack, Franz, Ing., Hamburg 33,
Kaiser-Friedrich-Str. 17.
- Sacker, Wilhelm, Ing., Ham-
burg 24, Hirschgraben 31.
- Sander, Emil, Ob.-Ing., Ham-
burg 13, Heimhuder Str. 14.
- Saran, Hans, Dipl.-Ing., Ham-
burg 34, Stengelstr. 21.
- Sartorisio, Hansjörg, Ing., Ham-
burg 20, Woldsenweg 13 II.
- Schade, Hans, Ing., Hamburg-
Blankenese, Auguste-Baur-
Straße 22.
- Schelenz, Josef, Dipl.-Ing., Ham-
burg-Altona, Friedensallee 75.
- Schellenberg, Erich, Ober-Ing.,
Hamburg-Bahrenfeld, Norburger
Straße 12.
- Schenk, Hans, Ing., Bevesen,
Uhlestr. 4.
- Scherer, Friedrich, Ing., Ham-
burg 33, Mildestieg 17.
- Scherer, Siegfried, Dipl.-Ing.,
Hamburg-Blankenese, Am
Kiekeberg 15.
- Schetelig, Hans, Ing., Ham-
burg 39, Alsterdorfer Str. 198.
- v. Scheure, Egwin, Ober-Ing.,
Hamburg-Volksdorf, Farmsener
Allee 189.
- Schierz, Georg, Dipl.-Ing., Ham-
burg-Lokstedt 1, Stellingner
Chaussee 17.
- Schimpf, Rudolf, Werkmeister,
Lüneburg, Vor dem neuen
Tore 26.
- Schirmer, Eugen, Dipl.-Ing., Ham-
burg-Lemsahl, Kielbarg 20.
- Schlett, Werner, Ing., Hamburg-
Altona, Hohenzollernring 188.
- Schliemann, Hermann, Ing., Ham-
burg-Gr.-Flottbek, Richterstr. 21.
- Schlottau, Rolf, Ing., Hamburg-
Hochkamp, Op de Schanz 64.
- Schmidt, Friedrich, Ing., Ham-
burg-Wellingsbüttel, Pfeils-
hofer Weg 9.
- Schmidt, Hans, Ing., Hamburg-
Blankenese, Charitas-Bischoff-
Treppe 1.
- Schmüser, Rudolf, Ing., Ham-
burg-Fuhlsbüttel, Stübekamp 41.
- Schneider, Josef, Dir., Hamburg-
Nienstedt, Matthiissonstr. 11.
- Schneider, Walter, Ing., Ham-
burg-Fuhlsbüttel, Stübe-
kamp 118.
- Schöberle, Fritz, Prof., Dipl.-Ing.,
Hamburg 21, Goethestr. 36.
- Schön, Erwin, Ing., Hamburg 13,
Klosterstern 1.
- Schoef, Heinrich, Ing., Ham-
burg 13, Mittelweg 108.
- Scholz, Robert, Ing., Ham-
burg 39, Krochmannstr. 70.
- Schramke, Max, Ing., Ham-
burg 20, Kaiser-Friedrich-Ufer 12.
- Schröder, Rudolf, Ing., Ham-
burg 30, Bismarckstr. 113.
- Schröpfer, Helmut, Ing., Ham-
burg-Sasel, Saselbergweg 21.
- Schüller, Rolf, Ing., Hamburg-
Langenhorn, Am Ochsenzoll 170.
- Schütt, Eugen Walter, Dipl.-Ing.,
Hamburg-Gr.-Borstel, Borsteler
Chaussee 253.
- Schulenburg, Richard, Ing., Ham-
burg-Wandsbek, Birtstr. 9.
- Schulz, Emil, El.-Mstr., Ham-
burg 20, Lokstedter Weg 39.
- Schulz, Günther, Dipl.-Ing., Ham-
burg 20, Haynstr. 7.
- Schulz, Martin, Kfm., Stade
(Elbe), Gr. Schmiedestr. 10.
- Schumacher, Erwin, Ing., Ham-
burg 24, Birkenau 45.
- Schwartau, Joachim, stud. ing.,
Hamburg 20, LokstedterWeg 119.
- Schwarz, Werner, Ing., Ham-
burg 39, Bussestr. 52.
- Schwedler, Heinz, Ing., Ham-
burg 1, Böckmannstr. 1.
- Seeburg, Eduard, Hamburg-Blan-
kenese, Blankeneser Haupt-
straße 157.
- Seiffert, Richard, Hamburg 13,
Behnstr. 7.
- Seiffert, Erich, Kfm., Hamburg-
Langenhorn, Harnacksweg 42.
- Seitz, Helmut, Dipl.-Ing., Ham-
burg 20, Holunderweg 21.
- Sell, Friedrich, Ing., Garstedt
(Hamburg), Goethestr. 12.
- Seyler, Helmut, Ing., Hamburg-
Volksdorf, Mooredderstr. 2.
- Soltau, Brüne, Dipl.-Ing., Ham-
burg - Langenhorn, Wollgras-
weg 3 a.
- Sparbier, Werner, Dipl.-Ing.,
Hamburg-Rissen, Rissener
Ufer 4.
- Sprick, Herbert, Ing., Hamburg-
Altona, Bülowstr. 21.
- Staack, Hans, Dr.-Ing., Ham-
burg 34, Stengelestr. 25 III.
- Staats, Waldemar, Ing., Ham-
burg 19, Müggenkampstr. 14.
- Stange, Wilh., Dipl.-Ing., Ham-
burg - Volksdorf, Vörn Bark-
holdt 7.
- Steffen, Hermann, Hamburg 39,
Barmbecker Str. 15.
- Stegemann, Werner, Ing., Ham-
burg 33, Burmesterstr. 3.
- Stepper, Max, Ing., Hamburg 39,
Bebelallee 21.
- Steyer, Friedhelm, Dr.-Ing., Ham-
burg 13, Mittelweg 150.
- Stier, Carl-Ludwig, Ing., Ham-
burg-Sülldorf, Sülldorfer Land-
straße 217.
- Stolpp, Helmut, Dipl.-Ing., Ham-
burg-Altona, Hohenzollern-
ring 38.
- Strache, Gerhard, Ing., Hamburg-
Altona, Rothestr. 13.
- Studemund, Otto, Ob.-Ing., Ham-
burg-Lokstedt, Jahenstr. 16.
- Stump, Gerhard, Ing., Hamburg-
Harburg, Lönssstr. 72.
- Suhr, Alfred, Dipl.-Ing., Ham-
burg 24, Papenhuder Str. 8.
- Sukohl, Karl-Heinz, Baurat, Ham-
burg-Harburg, Stader Str. 119.
- Taube, Gottfried, Dir., Dipl.-Ing.,
Lübeck, Parkstr. 44.
- Tengeler, Hans, stud. ing., Ham-
burg-Bahrenfeld, Bahrenhauser
Chaussee 139.
- Thiel, Hans Gerhard, Ing., Elms-
horn (Holst.), Kirchenstr. 24.
- Thießen, Paul, Dipl.-Ing., Ham-
burg-Langenhorn, Langenhorner
Chaussee 304.
- Thomsen, Peter, Ob.-Ing., Ham-
burg-Hochkamp, Lothringer
Straße 12.
- Tödten, Ernst, Techn., Ham-
burg 43, Probst Str. 23.
- v. d. Trappen, E., Dr.-Ing., Ham-
burg 39, Hanssensweg 22.

- Trautmann, Werner**, Dipl.-Ing., Hamburg-Volksdorf, Farmsener Landstraße 198.
- Trede, Hermann**, Ing., Hamburg 20, Eppendorfer Landstraße 23 V.
- von Trepka, Gerhard**, Ing., Hamburg 20, Schrammsweg 11.
- Tuchtenhagen, Kurt**, Ober-Ing., Hamburg 39, Henry-Budge-Straße 15.
- Tyca, Heinrich**, Ing., Hamburg-Harburg, Ehestorfer Weg 15 a.
- Umbreit, Julius**, Ob.-Ing., Hamburg 13, Haller Str. 23.
- Vauck, Heinz**, Ing., Hamburg 24, Wandsbeker Chaussee 13.
- Vehstedt, Hans**, Dipl.-Ing., Hamburg-Blankenese, Paarmannsweg 4.
- Vernimb, Martin**, Kfm., Hamburg 13, Herm.-Behn-Weg 5.
- Verse, Hans Heinrich**, Dr.-Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Heschredder 24.
- Vith, Josef**, Ing., Estebrügge 64 Kr. Stade.
- Voegel, Max**, Ing., Hamburg-Wellingsbüttel, Saartreue 40.
- Voegel, Willi**, Prof., Dr.-Ing., Hamburg 20, Eppendorfer Baum 8.
- Völker, Fritz**, Ing., Hamburg-Bramfeld, Owiesenstr. 13.
- Voerste, Otto**, Dir., Hamburg-Gr.-Flottbek, Klaus-Groth-Straße 56.
- Volgt, Carl-Wilh.**, Ing., Hamburg-Volksdorf, Im alten Dorfe 40.
- Volger, Rolf**, Dipl.-Ing., Hamburg-Rissen, Rissener Bahndamm 27.
- Volckmar, Max**, Reg.-Baurat, Hamburg 30, Wrangelstr. 7.
- Volkel, Josef**, Ing., Steinbeck (Buchholz), Meisenweg 13.
- Volkman, Karl Otto**, Ing., Hamburg-Altona, Zeisestr. 157.
- Vollerthun, Arno**, Ob.-Ing., Hamburg 24, Griesstr. 76.
- Vomhof, Wolfgang**, Dipl.-Ing., Lübeck-Travemünde, Fehlingstraße 13.
- Vorwald, Günther**, Ing., Hamburg 1, Mohlenhofstr. 5.
- Wachsmuth, Hans**, Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Maikenweg 278.
- Wagner, Franz**, Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Hangenhorner Chaussee 46.
- Wahl, Herbert**, Dipl.-Ing., Hamburg 13, St.-Benedikt-Str. 1.
- Walsemann, Bodo**, Dipl.-Ing., Hamburg-Berne, Moschlauer Kamp 6.
- Walter, Fritz**, Ing., Hamburg-Kl.-Flottbek, Baron-Voght-Straße 61.
- Walther, Oskar**, Ing., Hamburg 24, Papenhuder Str. 22.
- Warkentin, Gustav**, Ing., Hamburg-Fuhlsbüttel, Am Blumenacker 10.
- Warncke, Heinrich**, Elektro-Ing., Elmshorn, Köppeldamm 66.
- Warrelmann, Heinrich**, Kfm., Hamburg 13, Isestr. 45.
- Warrelmann, Karl Ernst**, Kfm., Hamburg 36, Neuer Wall 16-18.
- Wartenberg, Wolfgang**, Ing., Hamburg-Wandsbek, Rechteck 1.
- Waschke, Richard**, Ober-Ing., Hamburg 39, Gellertstr. 18.
- Wasmus, Adolf**, Dr.-Ing., Hamburg-Niendorf, Hollwägen 9.
- Weingärtner, Werner**, Dr.-Ing., Hamburg 21, Am Langenzug 7.
- Weitze, Fritz**, Ing., Hamburg 30, Scheideweg 49.
- Weiß, Alex**, Ing., Hamburg-Gr.-Flottbek, Lange Lohstr. 36.
- Wessel, Fritz**, Ing., Hamburg-Volksdorf, Wenserbalken 17.
- Wiebecke, Max**, Ob.-Ing., Hamburg-Blankenese, Kahikamp 20.
- Wickel, William**, Ing., Hamburg-Finkenwerder, Schillinghorner Stieg 2.
- Wiedner, Leopold**, Ing., Hamburg 13, Gründelberg 5.
- Wiegels, Karl**, Ing., Hamburg 20, Eppendorfer Landstr. 128.
- Wiese, Arwed**, Ing., Hamburg-Wellingsbüttel, Horstweg 4.
- Wiese, Kurt**, Ing., Hamburg-Langenhorn, Faßberger Str. 18.
- Wilde, Otto**, Ing., Hamburg 20, Wendloher Weg 20.
- Winkelmann, Erich**, Dipl.-Ing., Hamburg-Bergedorf, Crysander-Straße 157.
- Winkler, Wilh.**, Ing., Hamburg 30, Wrangelstr. 37.
- Witt, Alfred**, Dipl.-Ing., Hamburg 13, Rentzelstr. 52.
- Witt, Max**, Ob.-Ing., Hamburg 1, Lange Reihe 29.
- Wittenburg, Willi**, Ober-Ing., Hamburg 39, Lattenkamp 23.
- Wörtmann, Hermann**, Ing., Hamburg-Othmarschen, Philosophenweg 47.
- Wörmbke, Otto**, Ing., Hamburg-Bergedorf, Wentorfer Str. 43.
- Wolfram, Erich**, Elektro-Meister, Hamburg 11, Vorsetzen 67.
- Wroost, Herbert**, Ing., Hamburg 19, Emilienstr. 36.
- Wucherpfennig, Adolf**, Wilh., Ing., Hamburg 1, Mönckebergstraße 5.
- Wulff, Eduard**, Ing., Hamburg 24, Klaus-Groth-Str. 7.
- Wundram, Oskar**, Baudir., Hamburg-Kl.-Flottbek, Ohnhorststraße 45.
- Zecher, Gustav**, Dr. phil. nat., Hamburg-Othmarschen, Flottbeker Chaussee 165.
- Zimmermann, Herbert**, Ing., Hamburg 1, Stiftstr. 15.
- Beckmann, Johs.**, Elektro-Mstr., Hamburg-Altona, Holländische Reihe 23-25.
- Carstens, Wilhelm**, elektro.-chem. Fabrik, Hamburg-Wilhelmsburg, Hindenburgstr. 183.
- Conz, Elektrizitäts-G. m. b. H.**, Hamburg-Bahrenfeld, Gasstraße 6-10.
- Deutsch-Amerikanische Petroleum-Gesellschaft, Techn. Büro**, Hamburg 36, Neuer Jungfernstieg 21, Esso-Haus.
- Deutsche Shell A.-G.**, Hamburg 36, Alsterufer 4-5, Shellhaus.
- Deutsche Zählergesellschaft Stepper & Co.**, Hamburg 1, Bachstr. 9-17.
- Ehlers, Friedrich C.**, Kabelwerke, Hamburg 1, Gothenstr. 10-16.
- Hamburger Hochbahn A.-G.**, Hamburg 1, Steinstr. 20.
- Hamburgische Elektrische Werke**, Hamburg 1, Gerhard-Hauptmann-Platz 48.
- Hansa-Motorenfabrik Gustav Altmann**, Hamburg-Bahrenfeld, Holstenkamp 7.
- Hansestadt Hamburg Baubehörde, Heiz- u. Maschinenabt.**, Hamburg 1, Steinstr. 7.
- Hoppmann & Mulsow**, Hamburg 19, Sillemstr. 76.
- Kamke, Willy**, Elektro-Anlagen, Hamburg 1, Gertruden-Kirchhof 8-10.
- C. H. F. Müller A.-G.**, Röntgenwerk Hamburg, Hamburg-Fuhlsbüttel, Rötgenstr. 24.
- Nilfisk G. m. b. H.**, Hamburg 1, Schauenburger Str. 15-17.
- New-York, Gummi-Werke Compagnie**, Hamburg 33, Hufnerstraße 30.
- Norddeutsche Affinerie**, Hamburg 36, Alsterterrasse 2.
- Nordwestdeutscher Rundfunk, NWDR**, Hamburg 13, Rothenbaum-Chaussee 132.
- Oberpostdirektion Hamburg II**, Hamburg 36, Gorch-Fock-Str. 7.
- Philips Valvo-Werke G. m. b. H.**, Hamburg-Lokstedt 1, Stresemannallee 101.
- Deutsche Bundesbahn Hamburg**, Hamburg-Altona, Museumstr. 39.
- Siemens-Schuckertwerke A.-G.**, Hamburg 1, Steinstr. 7.
- Stadtwerke Elmshorn**, Elmshorn.
- Stadtwerke Lübeck**, Lübeck, Meislinger Allee 9.
- Städt. Gewerbeschule Abt. Elektriker**, Hamburg-Altona, Museumstr. 19.
- Stepper & Co.**, Hamburg 21, Bachstr. 9-17.
- Still, Hans**, Motoren-Fabrik, Hamburg 48, Liebigstr. 33.
- Techn. Überwachungsverein Hamburg**, Hamburg-Altona 1, Lessingstr. 10.

Korporative Mitglieder

- Accumulatoren-Fabrik A.-G.**, Ing.-Abteilung, Hamburg 1, Holzdamm 28.
- AEG, Büro Hamburg**, Hamburg 36, Hohe Bleichen 31-32.

Elektrotechnische Gesellschaft Hannover e.V.

im Verband Deutscher Elektrotechniker VDE

Geschäftsstelle: Hannover, Bischofsholer Damm. 70, Telefon: 81 901, Postscheckkonto: Hannover 12 903.

Vorsitzender: Humburg, Karl, Prof. Dr.-Ing., Hannover, Bischofsholer Damm 48.

stellv. Vorsitzender: Ohliger, Karl, Dr.-Ing., Direktor i. R., Hannover, Frauenhoferstr. 3.

Schriftführer: Schroers, Hans, Ob.-Ing., Hannover, Bischofsholer Damm 70.

Kassenwart: Behncke, Heinrich, Ziv.-Ing., Hannover, Spinnereistr. 11.

Vorstandsmitglieder: Bloser, Hans, Ob.-Ing., Dipl.-Ing., Hannover, Sievertstr. 31.

Kaiser, Hermann, Ob.-Ing., Hannover, Hauffstr. 8.

Albers, Georg, Gehrden, Alte Straße 6.

Albrecht, R., Dipl.-Ing., London W 5, 49, Priory Gardens, Hanger Lane.

v. Alkier, Ober-Ing., Wunstorf, An der Südaue.

Alpheis, G., Ing., Hannover, Siemensstraße 1.

Alpheis, H., Ob.-Ing., Hannover, Lavestr. 72.

Andresen, Karl, Dr., Bissendorf Nr. 156, bei Hannover.

Artmann, Hans, Ob.-Ing., Hannover, Gr. Buchholzer Kirchweg 45.

Bähr, Wilhelm, Ob.-Ing., Hannover, Brahmstr. 1.

Barkey, Werner, El.-Ing., Hannover, Voltastr. 15.

Bartels, Edo, Ing., Letter bei Hannover, Nordstr. 6.

Bath, W., Ing., Hannover, Franklinstraße 1.

Bau, Waldemar, Dir., Dipl.-Ing., Hannover, Am Schiffgraben 24.

Bauer, Ewald, Elektro-Ing., Hann.-Buchholz, Postfach 14.

Becker, Hans, Elektro-Mstr., Hannover, Alte Celler Heerstraße 42.

Behncke, Heinrich, Ziv.-Ing., Hannover, Herrenhäuser Kirchweg 38.

Behnken, Hermann, Ing., Afferde b. Hameln, Nr. 184.

Behrens, Helmut, Dipl.-Ing., Rethen (Leine), Hildesheimer Straße 36.

Beier, Harry, Fernmelde-Ing., Hannover, Voßstr. 21.

Berg, Wilhelm, Ing., Göttingen, Leonhard-Nelson-Str. 37.

Birstein, E., Dipl.-Ing., Hannover, Fichtestr. 1.

Bittler, Heinz, Elektro-Ing., Hannover, Im Haspelfelde 12.

Bloser, Hans, Dipl.-Ing., Ob.-Ing., Hannover, Sievertstr. 31.

Block, Friedr. Wilh., Elektromstr., Algermissen, Solteichstr. 2.

Bock, Dr.-Ing., Barsinghausen, Poststr. 31.

Böckle, Ernst, Betr.-Ltr., Alfeld (Leine), Benscheldstr. 10.

Böhm, Fritz, Ing., Hannover, Plantagenstr. 17.

Bockemüller, Otto, Betr.-Ltr., Dörverden (Weser).

Bovenschen, Walter, Dipl.-Ing., Hannover, Georgstr. 34.

Brandes, Hermann, Dipl.-Ing., Hannover, Mommsenstr. 41.

Brandes, Hermann, Hannover, Torstr. 11.

Bremer, Karl, Ziv.-Ing., Hannover, Bothfelder Str. 10.

Brückner, Dr.-Ing., Misburg (Hann.), Bahnhofstr. 7.

Brune, Wilhelm, Dipl.-Ing., Hannover, de-Hain-Platz 1 a.

Bürger, Hans-Georg, cand. el., Hannover, Bohnenstr. 28.

Bunte, Bernhard, Dipl.-Ing., Hannover, Scharnhorststr. 5.

Büsing, Wilh.-Malte, Ing., Hannover, Körtingstr. 2.

Büsing, Heinrich, Elektro-Mstr., Hannover, Königstr. 49.

Claas, Wilhelm, Elektro-Ing., Quackenbrück, Bonnusstr. 22.

Clausen, Heinr., Dir., Dipl.-Ing., Hannover, Adolf-Ey-Str. 16.

Cumt, Dipl.-Ing., Hannover, Hertzstraße 8.

Dähne, Ernst, Dipl.-Ing., Hannover, Podbielskistr. 313.

Damm, Johann, Ob.-Ing., Oelburg (Peine), Dorfstr. 50.

Dederding, Oskar, Dipl.-Ing., Obernkirchen, Bergamtsstr. 456.

Deidesheimer, Hermann, Ing., Hannover, Dortmunder Str. 19.

Delor, Kurt, Dipl.-Ing., Hannover-Kirchrode, Hagedornweg 1.

Dennhardt Dr.-Ing., Hannover, Wangenheimstr. 13.

Dietel, Heinrich, Dr.-Ing., Hannover, Grünwaldstr. 49.

Dittmers, Günter, Dipl.-Ing., Hannover, Schwarmstedt 156.

Dörr, Heinrich, Elektro-Ing., Hannover, Jakobstr. 10.

v. Dornhelm, Woldemar, Ing., Bodenwerder (Weser), Baustraße 10.

Draeger, Herbert, Dipl.-Ing., Hannover-Herrenhausen, Schönbergstraße 30.

Dyes, Walter, Dipl.-Ing., Hannover, Stephanusstr. 29.

Ebner-Eschenbach, Max, Frhr. v., Elektro-Ing., Hann.-Friedenau, Ulmenstr. 3.

Einfeld, Fritz, Ing., Ehlershausen, (Kr. Burgdorf).

v. Enkevort, Friedhelm, Ing., Göttingen, Nikolausberger Weg 35.

Eppink, Ob.-Ing., Hameln (Weser), Hastenbecker Weg 8.

Fabian, Karl, Dipl.-Ing., Hannover, Kestnerstr. 11.

Falkenberg, Emil, Ing., Misburg (Hann.), Nerag-Gelände.

Fehling, Konrad, Ing., Rethen (Leine), Lönsstr. 1.

Fichtner, Paul, Dir., Osterode (Harz), Bleichstelle 5.

Fislage, Julius, Ing., Hannover, Wißmannstr. 11.

Fleig, Heinz, Dr.-Ing., Hameln (Weser), Dempster Str. 1.

Fleischhauer, G., Ing.-Büro, Hannover, Ludwig-Barnay-Str. 3.

Foerster, Dir., Hannover, Marienstraße 20.

Frank, Karl, Dir., Dr.-Ing., Hannover, An der Martinskirche 14.

Franke, Rudolf, Prof., Dr.-Ing., Bückeberg, Strauß-Weg.

Franzelius, Karl, Ob.-Ing. i. R., Hannover - Kleefeld, Wangenheimstr. 13.

Fredebold, Reinhard, Dir., Hannover, Brunestr. 6.

Freitag, Joh., Dipl.-Ing., Hannover, Callinstr. 35.

Friedrich, Hans, Dipl.-Ing., Seelze, Wunstorfer Str. 23.

Friedrich, Heinz, Hannover, Heinrich-Heine-Str. 27.

Friedrich, Jul., Dipl.-Ing., Hannover, Wiesenstr. 26.

Fritzsche, Wilfried, Dipl.-Ing., Hann.-Döhren, Borgentrickstr. 16.

Gerbig, O., Dipl.-Ing., Hannover, Finkenstr. 2.

Gerlach, Fritz, Dipl.-Ing., Hannover, Roseggerstr. 10.

Germann, Johann, Dipl.-Ing., Eystrup (Weser), Krummer Weg.

Geyer, Willy, Wunstorf, Bahnhofstr. 99.

Gläser, Heinz, Dipl.-Ing., Hannover, Strohmeierstr. 2.

Göbel, Helmut, Dipl.-Ing., Hannover, Gr. Barlinge 49.

Gottschalk, Heinr., Ing., Boffzen (Weser), Nr. 161.

Grave, Hans-Ferdinand, Dr.-Ing., Lehrte (Hann.), Germaniastraße 19 A.

Grove, Fritz, Elektro-Mstr., Hannover, Sallstr. 118.

Gruber, Karl, Ing., Ahlten (Hann.), Eisenbahnlangsweg 277.

- Hahn, Fr., Dipl.-Ing., Hannover, Am Schatzkamp 14.
Hanke, Ernst, Ob.-Ing., Hannover, Hegebläsch 30.
Happe, Heinz, Dipl.-Ing., Hannover, Leisewitzstr. 43 C.
Harmening, Dipl.-Ing., Bückeburg, Dammstr. 13 a.
Hartstrelsel, Alfred, Ing., Kl. Burgwedel.
Heckel, Dir., Ing., Bad Pyrmont, Waisenhof 6.
Heese, Heinz, Ob.-Ing., Hannover, Ziegelstr. 5.
Heisterberg, Günther, Ing., Bückeburg, Jetenburger Str. 27.
Helmke, J., Ing., Hannover, Garvensstr. 5.
Helms, Günther, Elektro.-Ing., Hannover, Theaterstr. 14.
Henckel, Herbert, Dipl.-Ing., Reg.-Baurat, Hannover, Schulenb. Landstr. 3.
Hermann, Christian, Elektro.-Ing., Hannover, Robertstr. 11.
Hetzel, Karl, Elektro.-Ing., Hildesheim, Brehmestr. 12.
Heueck, Rudolf, Dipl.-Ing., Ahlten (Hannover), Eisenbahnlängsweg 280.
Heydrich, Erich, Ing., Hannover, Koblenzer Str. 5.
Himmeler, Hans, Ing., Hannover, Krausenstr. 27 A.
Hinze, Hans Heinrich, Dipl.-Ing., Hannover, Stresemannallee 8.
Hoffmann, Erich, Dr.-Ing., Rhumspringe 181, üb. Herzberg (Harz).
Holzhausen, Wilhelm, Ing., Hildesheim, Orleansstr. 72.
Hormann, August, Elektro.-Ing., Göttingen, Zeppelinstr. 7.
Horn, Willy, Elektro.-Ing., Wernigsen (Deister), Degerser Str.
Hübschmann, Werner, Physiker, Westkirchen, i. F. Gebr. Frede, KG.
Hudetz, Gerhard, Dipl.-Ing., Gifhorn (Hann.).
Humburg, Karl, Prof. Dr.-Ing., Hannover, Bischofsholer Damm 48.
Hussels, W., Ob.-Ing., Hannover, Rumannstr. 26.
Jahn, Felix, Dir., Dipl.-Ing., Osterode (Harz), Seesener Str. 23.
Kaiser, Hermann, Ob.-Ing., Hannover, Hauffstr. 8.
Kangleser, Erich, Ing., Empede Nr. 15, üb. Neustadt (Rbge.).
Kammeyer, Karl, Dipl.-Ing., Utze, Benthest.
Keidel, Wilhelm, Ing., Benefeld (Walsr.), Lohheide Süd 20.
Keil, Karl, Dipl.-Ing., Nordstemmen, Schloß Marienburg.
Kelbe, Friedrich, Ob.-Ing., Hameln (Weser), Wehlerweg 38.
Kemmena, P. Friedrich, Ing., Hannover, Elisenstr. 42.
Kemper, H., Dipl.-Ing., Nortrup.
Kempken, Karl, Ing., Karlshafen (Weser), Vor den Klippen 28.
Kentler, Hans, Betriebsführer, Hann.-Münden, Schröderstr. 29.
Kessler, Alfred, Elektro.-Mstr., Weyhausen Nr. 13, Kr. Gifhorn.
Kiene, Karl, Ob.-Ing., Hannover, Stüvestr. 1.
Kissenkötter, Heinz, Hochfr.-Techn., Beckum (Bez. Münster), Ahlener Str. 47.
Klatt, Georg, Ing., Hannover, Podbielskistr. 340.
Klebeck, Wolfgang, Dipl.-Ing., Hannover, Wichmannstr. 11 A.
Klopsch, Ernst, cand. el., Hannover, Haltenhoffstr. 34.
Knost, Hugo, Ing., Bad Grund, Clausthaler Str. 23.
Kobus, Hans, Dipl.-Ing., Hannover, Bischofsholer Damm 46.
Koch, Rudolf, Ing., Hannover, Grimmstr. 8.
Koch, Wilhelm, Ing., Hannover, Markgrafstr. 11.
Kock, Friedrich, Dipl.-Ing., Ahlten (Hann.), Eisenbahnlängsweg 278.
Koetzold, Bernd, Dir., Dipl.-Ing., Afferde b. Hameln-Weser 180.
Kolloch, Franz, Dipl.-Ing., Hameln (Weser), Koppenstr. 22.
Krause, Günther, Dipl.-Ing., Hannover, Stöckener Str. 13 I.
Krebs, Alfons, Ing., Duderstadt, Sackstr. 9.
Kresse, Heinrich, Stadtoberbaumeistr., Langenhagen (Hannover), Gosewichstr. 12.
Krondorf, Paul, Ing., Hameln (Weser), Ostertorwall 23 B.
Krovoza, Franz, Dipl.-Ing., Hannover, Holbeinstr. 14.
Krüger, Bernhard, Dipl.-Ing., Hannover, Nettemannstr. 5 II.
Kühle, Hermann, H.-Techn., Breidenbeck (Deister) 91.
Kuhn, Otto, Dipl.-Ing., Hannover, Glünderstr. 4.
Kulp, Wilhelm, Dipl.-Ing., Hameln (Weser), Waterloostr. 11.
Kunze, Hans, Ing., Osterode (Harz), Seesener Str.
Künnecke, H., Hildesheim, Langer Garten 19.
Kurth, Carl, Ing., Clausthal-Zellerfeld, Hint. Zellbach 6.
Kunzler, Paul, Ing., Hannover, Seilerstr. 34.
Landsberger, Robert, Dipl.-Ing., Hannover, Marienstr. 20.
Lange, Heinrich, Hannover, Am Steinbruch 3.
Langwost, Hermann, Ing., Westerb., Schmiedestr. 31.
Lau, Hermann, Dr.-Ing., Hannover, Zellerfelder Allee 28.
Laue, Gustav, Dipl.-Ing., Hannover, Liebrechtstr. 23.
Laue, Wilhelm, Dipl.-Ing.-Prok., Hannover, Edenstr. 33.
Leimer, Alfred, Hannover, Ricklinger Stadtweg 37.
Leitmann, Max, Elektro.-Mstr., Hannover, Tonderner Str. 17.
Lindner, Erich, J., Ob.-Ing., Hannover, Rampenstr. 5.
Lommel, Curt, Dir., Dr.-Ing., Uelzen (Hannover), Ringstr. 51.
Loos, Linus, Herzberg (Harz), Katzenstein Nr. 70.
Ludewig, Reinhold, Ziv.-Ing., Algermissen Nr. 110.
Lüder, Martin, Dipl.-Ing., Bodenfelde (Weser), Postfach.
Lüttringhaus, Werner, Dipl.-Ing., Hannover, Niemeyerstr. 16.
Marzell, Otto, Ober.-Ing. i. R., Hannover-Westerfeld, Göttinger Landstr. 1.
Mättig, Werner, Dipl.-Ing., Hannover, Wagnerstr. 2.
Mauelshagen, Willi, Dipl.-Ing., Hannover, Yorkstr. 9.
May, Wolfgang, Dipl.-Ing., Gr.-Burgwedel üb. Hannover.
Meier, Fr. W., Ing., Dankersen (Minden), Feldstr. 218.
Mengemann, Gustav, Ing., Hannover, Gabelsbergerstr. 6 A.
Mertens, Jos., Elektro.-Ing., Steinbergen Nr. 4 üb. Rinteln.
Mestermann, Rudolf, Ober.-Ing., Dipl.-Ing., Hannover-Kleefeld, Schellingstr. 16.
Meyer, Friedrich, Dipl.-Ing., Hannover, Wunstorfer Str. 58.
Meyer, Karl, Dipl.-Ing., Hannover, Kärntnerplatz 1.
Meyer, Karl Aug., Dipl.-Ing., Hannover, Wiesenstr. 53.
Meyer, Kurt, Ob.-Ing., Hannover, Karl-Peters-Platz 16.
Meyer, Oskar, Ing., Hannover, Ferdinandstr. 13.
Meyer, Reinhold, Dipl.-Ing., Wernigsen (Deister), Pfingstangefweg 285.
Meyer, Wilhelm, Dr.-Ing., Hannover, Georgstr. 31-32.
Michel, Franz, Bruchhausen-Vilsen, Bahnhofstr. 65.
Möller, Karl, El.-Ing., Gehrden (Hannover), Bahnhofstr. 9.
Munke, Carl, Kfm., Hannover-Waldhausen, Bregenzer Str. 23.
Napp, Carl, Dipl.-Ing., Hannover, Herrenhäuser-Kirchweg 36.
Niehaus, Albert, Hannover, Gustav-Brand-Str. 5.
Nöldecke, Wilhelm, Ing., Göttingen, Klopstockstr. 10.
Oberdiek, Wilhelm, Rdf.-Meist., Hann., Hildesheimer Str. 17 A.
Oehler, Hans Werner, Dipl.-Ing., Hannover, Jöhrensstr. 6.
Ohlendorf, Otto, Dipl.-Ing., Fallingb., i. Fa. Hastra.
Ohlendorf, Wilhelm, Ing., Hannover, Ferdinandstr. 3.
Ohliger, Karl, Dir., Dr.-Ing., Hannover, Fraunhoferstr. 3.
Orlop, Heinrich, Ing., Hannover, Wißmannstr. 11.
Oxley, George C., Radio.-Ing., Hannover, Wallmodenstr. 76.

Peck, Ludwig, Ing., Hannover,
Soltauer Str. 34.
Perlik, Dr.-Ing., Saarbrücken,
Gustav-Bruch-Str. 22.
Peschke, Kurt, Dipl.-Ing., Peine,
Im Steinkamp 5.
Pfungsten, Walther, Dipl.-Ing.,
Hannover, Rehbergstr. 5.
Plinke, Erwin, Ob.-Ing., Dipl.-
Ing., Hannover, Scharnhorst-
straße 7.
Pohl, Karl, Ob.-Ing., Hannover,
Plathnerstr. 2.
Presser, Eugen, Ing., Hannover,
Posthornstr. 24.
Prinz, Bruno, Ing., Hannover-
Buchholz, Schäferweg 18.

Raske, W., Dr.-Ing., Hannover,
An der Lister Kirche 1.
Redecker, Werner, Ing., Han-
nover, Geibelstr. 38.
Reese, Erich, Ing., Hannover,
Bödekerstr. 39.
Reuß, Wolfgang, Ing., Sarstedt
(Hann.), Voßstr. 9.
Richartz, Walter, Dipl.-Ing., Han-
nover-Waldhausen, Grazer
Straße 17.
Rönnau, Alexander, Dipl.-Ing.,
Isernhagen, Burgwedeler Str.
Rotermund, Hans, Dipl.-Ing.,
Hannover, Friedrichstr. 1.
Rowold, Walter, Dipl.-Ing., Han-
nover, Engelbosteler Damm 140.
Ruhnke, Reinhard, Dir., Burg-
dorf, Schillerslager Str. 33.

Sander, Ob.-Ing., Dipl.-Ing., Han-
nover, Liebrechtstr. 54.
Sang, Heinrich, Dir., Gehrden b.
Hannover, verl. Waldstr.
Schalke, Herbert, Dipl.-Ing., Han-
nover, Badenstedter Str. 11.
Scharnberger, Theophil, Ob.-Ing.,
Göttingen, Friedländer Weg 34.
Scheffler, Ernst, Dipl.-Ing., Han-
nover, Helenenhof 3.
Schering, Harald, Prof., Dr. phil.,
Hannover, Blumenhagenstr. 9.
Scheven, Otto, Dipl.-Ing., Nort-
heim b. Hannover, Hindenburg-
straße 25.
Schiller, Paul, Ing., Hannover,
Am Hohen Ufer 4.
Schirmacher, Erich, Dipl.-Ing.,
Hannover, Seumestr. 12.
Schönfeld, Wilh. Hans, ord. Prof.,
Hannover, Heidornstr. 7 c.
Scholz, Norbert, Dipl.-Ing., Groß-
Horst ü. Hannover Nr. 10.
Schröder, Rudolf, Dipl.-Ing., Ahl-
ten i. Hann. ü. Lehrte, Eisen-
bahnlängsweg 270.
Schroers, Hans, Ob.-Ing., Han-
nover, Bischofsholer Damm 70.
Schröter, Georg, Ob.-Ing., Han-
nover, Vor der Seelhorst 62.
Schuck, Dipl.-Ing., Hannover, Ma-
rienstr. 20.
Schweiger, Fritz, Dipl.-Ing., Han-
nover-Stöcken, Obentrautstr.
Schwier, Wilhelm, Dipl.-Ing., Göt-
tingen, Rosdorfer Weg 15.
Schwedler, Ulrich, Dr.-Ing., Han-
nover, Am Schiffgraben 29.

Seeliger, Gerhard, Ing., Hann-
Buchholz, Peter-Köster-Str. 6.
Seffers, Karl, Dr. phil., Hannover,
Trierer Str. 18 I.
Seidler, Dipl.-Ing., Hannover,
Heinrich-Heine-Str. 14.
Selk, Otto, Ing., Marienrode,
Stuttgarter Str. 3, Post Hildes-
heim.
Selle, Fritz, Ingenieur, Colenfeld/
Wunstorf.
Sennheiser, Fritz, Dr.-Ing., Hoch-
schullehrer, Hann.-Westerfeld,
Im Buchholzfelde 13.
Skudelny, Ernst, Elektr.Bau-Ing.,
Nordhorn (Hannover), Schlieper-
straße 18.
Sorst, Ernst-Heinrich, Ober-Ing.,
Hannover, Schulenburger Land-
straße 52.
Spalteholz, Alfred, Ingenieur,
Hannover, Podbielskistr. 112.
Speldrich, Franz, Ing., Hannover-
Linden, Deisterstr. 32.
Spikermann, K., Ing., Hannover,
Tizianstr. 3, b. Schmidt.
Steffen, Walter, Ing., Hannover,
Hauffstr. 10.
Stein, Hermann, El.-Kfm., Han-
nover, Tiefenriede 15.
Stenzel, Johannes, Ing., Han-
nover, Tiergartenstr. 132.
Stock, Bernhard, Elektro-Techn.,
Northeim (Hann.), Wilhelmstr. 4.
Stöhr, Hans Ulrich, stud. el.,
Burgdorf (Hann.), Wallstr. 4.
Straßburger, Karl, Ing., Sehnde
b. Hann., i. Umspannw. Sehnde.
Strohbach, Erich, Hameln (Weser),
Pyrmonter Straße 71.

Theuerkauf, Dir., Hildesheim,
Hermann-Römer-Straße 6.
Thyes, Hugo, Dir., Dipl.-Ing.,
Hannover, Plathnerstr. 7.
Thomson, Alexander, Dipl.-Ing.,
Hannover, Kollenrodtstr. 6.
Trage, Christian, Dr.-Ing., Phy-
siker, Hannover, Bunsenstr. 6.
Trautmann, Werner, Dipl.-Ing.,
Nienburg (Weser), Kl. Draken-
burger Straße 8.
Trinkus, Erich, Ob.-Ing., Han-
nover, Köthnerholzweg 59.
Trittel, Adolf, Dr., Dipl.-Ing.,
Hannover, Kollenrodtstr. 59.
Turowski, Willi, Dipl.-Ing., Ha-
bighorst, Celle-Land.

Uhlemann, Oskar, Ob.-Ing., Han-
nover, Walderseestr. 3.
Ulrich, Martin, Elektro-Ing., Han-
nover, Johannes-Trojan-Str. 4.
Ulrich, Richard, Dipl.-Ing., Han-
nover, Raabestr. 16.

Vorbeck, Walter, Dipl.-Ing., Han-
nover, Johannes-Trojan-Str. 2.
Voth, Adolf, Dipl.-Ing., Han-
nover, Bölschestr. 34.

Waldow, Heinz, Soltau (Hann.).
Warmuth, Otto, Dipl.-Ing., Greene
ü. Kreiensen, Hindenburg-
straße 237.
Waste, Hermann, Hannover,
Grahstr. 18.

Warnecke, Heinrich, Dr.-Ing.,
Wirges (Westerwald).
Weis, Wilhelm, Dipl.-Ing., Han-
nover, Meraner Str. 6.
Wendorf, Günther, Dipl.-Ing.,
Hannover-Kirchrode, Oppen-
bornstr. 3.
Werning, Gerhard, El.-Ing., Gif-
horn (Hannover), Bodemann 9.
von Wiarda, E., Dipl.-Ing., Mis-
burg (Hann.), Heinrichstr. 9.
Wiedermann, Heinrich, Dipl.-Ing.,
Hannover, Kleine Düwelstr. 20.
Wilczek, Joseph, Ing., Stahle
(Holzminden) 191.
Willig, Albert, Dipl.-Ing., Oste-
rode (Harz), i. Fa. Licht- und
Kraftwerke.
Willmer, M., Ing., Hannover,
Mattfeldstr. 10.
Winkelmann, Fritz, Ober-Ing.,
Hannover, Mainzer Straße 17.
Winkelmann, Wilh., Dipl.-Ing.,
Uelzen (Hann.), St. Vitisstr. 23.
Wittkopf, Ingmar, Elektro-Ing.,
Hannover, Brinkerhafenstr. 12.
Wittmann, Hans, Dipl.-Ing., Han-
nover, Dammanstr. 8.
Wundram, Olof, Dipl.-Ing., Han-
nover, Im Moore 39.

Zinn, Erich, Dipl.-Ing., Braun-
schweig-Lehndorf, Saarstr. 7.

Korporative Mitglieder

Wilhelm Adler, Hannover, Ober-
straße 2.
Allgemeine Elektrizitäts - Gesell-
schaft, Zählerfabrik, Hameln
(Weser), Kuhbrücken 6—8.
Büsing & Steinmeyer, Hannover,
Volgersweg 60 A.
Continental-Gummi-Werke A.-G.,
Hannover, Vahrenwalder
Straße 100.
Elektrizitäts-Lieferungs-Gesell-
schaft, Hannover, Georgstr. 34.
Elektrizitätsverband, Zweckver-
band, Wittingen.
Elektrizitätswerk Wesertal G. m.
b. H., Hameln (Weser), Bahn-
hofstr. 18—20.
Elektrizitätswerk Hildesheim
Hackethal Draht- u. Kabelwerke
A.-G., Hannover, Städer
Chaussee.
Hann.-Brschw. Stromversorgungs
A.-G., Hannover, Marienstr. 20
Harzwasserwerke der Prov. Han-
nover, Hildesheim, Nikolai-
straße 8 B.
Hüttenwerke Ilse-Peine A.-G.,
Peine, Gerhardstr. 10.
Iso-Elektra, R. Cordes, Elze
(Hannover).
F. Koch & Co., Hannover, Lange
Laube 18.
Kreis - Elektrizitätsamt Höxter,
Höxter, Bahnhofstr. 14.
Landschaftliche Brandkasse, Han-
nover, Schäferdamm.
Licht- u. Kraftwerke Harz G. m.
b. H., Osterode (Harz).
Oberpostdirektion, Hannover,
Zeppelinstr. 24.

Preußische Elektrizitäts - A.-G., Hannover, Marienstr. 20.	Stadtwerke Lehrte, Lehrte (Hannover).	Süßmann, Jul. Aug., Hannover, Königstr. 53 A.
C. A. Schaefer K.-G., Hannover, Hildesheimer Str. 220.	Städtische Werke, Celle (Hannover).	Telefunken, Hannover, Laves- straße 3.
Schaefer, C. A. K.-G., Hannover, Hildesheimer Str. 220.	Städtische Betriebswerke, Elek- trizitätswerk, Hannover, Escher-straße 15.	Telefunken, Rundfunkwerk, Han- nover, Göttinger Chaussee 76.
Schott Elektro-Wärme K.-G., Langenhagen (Hannover).	Dr. Theodor-Stiebel-Werke, Holz- minden (Weser), Lüchtringer Weg 11.	Telefonbau u. Normalzeit Lehner & Co., Hannover, Ellernstr. 16B.
Siemens & Halske A.-G., Technisches Büro Hannover, Hannover, Friedrichstr. 1.	Stromversorgungsverband Ost- hannover, Celle (Hann.), Am Bahnhof 9.	Überlandwerke des Kr. Neustadt (Rbge.).
Siemens - Schuckertwerke A.-G., Technisches Büro Hannover, Hannover, Friedrichstr. 1.		Überlandwerke und Straßenbah- nen, Hannover, Hannover, Ihmestr. 7.

Elektrotechnischer Verein Mittelbaden (Karlsruhe) E.V.

Geschäftsstelle: Karlsruhe, Hebelstr. 2—4 (Badenwerk), Telefon: 6 540 bis 6 548 (Herrn Erich), Postscheckkonto: Karlsruhe 14 322..

Vorsitzender: Pape, Ob.-Ing., c/o SSW-Technisches Büro Karlsruhe, Bahnhofstr.

stellv. Vorsitzender: Erich, Ob.-Ing., c/o Badenwerk Karlsruhe, Hebelstr. 2—4.

Schriftführer: Guck, Dipl.-Ing., c/o Technische Hochschule, Hochspannungsinstitut Karlsruhe, Kaiserstr. 12.

Kassenwart: ter Jung, Dipl.-Ing., c/o S. & H. Techn. Büro, Karlsruhe, Bahnhofstr.

Aberger, Heinz-Dietrich, stud. el., Karlsruhe, Seldeneckstr. 16.	Deck, Willi, Elektro-Ing., Karls- ruhe, Damaschkestr. 69.	Gareis, Albrecht, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Hirschstr. 83.
Altpeter, Walter, Dr.-Ing., Söl- lingen-Klsrh., Hauptstr. 162.	Dischler, Rolf, Stud., Karlsruhe, Adlerstr. 56.	Gathmann, Siegfried, stud. el., Karlsruhe, Gartenstr. 44b.
Amann, Rudolf, Elektro-Meister, Karlsruhe, Neckarstr. 7.	Donandt, Hermann, Dr.-Ing., T.H. Karlsruhe, Hertzstr. 16.	Gimbel, Ernst, Dr.-Ing., Betr.- Dir., Achern, Allerheiligen-straße 18.
Baar, Otto, Bruchsal, Moltke- straße 21.	Dützmann, Heinrich, Ob.-Ing., Ettlingen, Friedenstr. 29.	Glözl, Franz-Xaver, Dipl.-Ing., Karlsruhe-Weierfeld, Belchen-straße 57.
Bach, Helmut, Dipl.-Ing., Düren- büchig.	Dusil, Bruno, Elektro-Ing., Karls- ruhe, Renkstr. 5.	Graner, Rudolf, techn. Ob.-Insp., Elektro-Ing., Karlsruhe-Rüppur, Krokusweg 33.
Backhaus, Kurt, stud. el., Karls- ruhe, Stüdenstr. 33.	Ebel, Otto, Elektro-Ing., Baden- Baden, Dimpfelbachstr. 1.	Groß, Emil, Ober-Ing., Tauber- bischofsheim, Schloßweg 17.
Baer, Karl-Willi, stud. el., Karls- ruhe-Durlach, Dürrbachstr. 8.	Edelmann, Karl, Elektro-Ing., Karlsruhe, Steinstr. 29.	Grötz, Eugen, Ob.-Ing., Karls- ruhe-Durlach, Ioh.-Strauß-Str. 4.
Bäuerle, Wilhelm, Elektro-Ing., Karlsruhe, Fichtestr. 5.	Ege, Klaus, Dipl.-Ing., Mann- heim, B 6, 27.	Guck, Rudolf, Dipl.-Ing., Karls- ruhe, Degenfeldstr. 15, b. All-geier.
Bayer, Paul, Ing., Karlsruhe, Klosestr. 27.	Eggler, Leopold, Dipl.-Ing., Lahr (Baden), Kirchstr. 20.	Günther, Horst, Ing., Karlsruhe, Eisenlohrstr. 41.
Beetz, August, Elektro-Ing., Karls- ruhe, Weltzienstr. 4.	Ellwanger, Max, Elektro-Ing., Karlsruhe, Veilchenstr. 9.	Guillaume, Fritz, stud. el., Pütt- lingen (Saar), Louis-Pasteur-Straße 12.
Behrel, Paul, Dipl.-Ing., Karls- ruhe, Hohenzollernstr. 10.	Engelmeier, August, Dipl.-Ing., Achern, Ratskellerstr. 15.	
Berg, Hermann, Elektro-Ing., Or- tenberg, Hauptstr. 77.	Erich, Max, Dipl.-Ing., Karlsruhe- Durlach, Pfingsttalstr. 7.	
Bergmann, Jan, cand. el., Karls- ruhe, Hübschstr. 14.	Ernst, Hans, Dipl.-Ing., Karls- ruhe, Cäcilienstr. 40.	
Betz, Friedrich Ph., Dipl.-Ing., Karlsruhe, Klauprechtstr. 23.	Faas, Günther, stud. el., Karls- ruhe, Emil-Gött-Str. 23.	Haas, Alfons, Elektro-Ing., Karls- ruhe, Kniebisstr. 26.
Beuschel, Hans, Ob.-Ing., Karls- ruhe, Weltzienstr. 41.	Fazler, Fritz, Elektro-Mstr., Karls- ruhe, Buntestr. 4.	Hardieck, Karl-Ernst, Karlsruhe, Beiertheimer Allee 58.
Birkhahn, Walter, Karlsruhe- Weierfeld, Acherstr. 6.	Feltweis, Rudolf, Dr.-Ing. e. h., Oberbaurat, Durlach, Pfingsttal-straße 7.	Hegwein, Christian, Ober-Ing., Oberlauchringen.
Blank, Karl, Dipl.-Ing., Karls- ruhe, Buschwiesenweg 11.	Fischer, Johannes, Prof. Dr.-Ing., Karlsruhe, Schirmerstr. 6.	Hausrath, Herbert, Prof., Dr. phil., Karlsruhe, Erzbergerstr. 23.
Boeckh, Arnold, Dipl.-Ing., Adels- heim, Hauptstr. 1.	Fleischer, Fritz, Dipl.-Ing., Karls- ruhe, Beiertheimer Allee 24.	Heider, Friedrich, Elektro-Mstr., Karlsruhe-Grünwinkel, Hellberg-straße 5.
Braun, Werner, Dipl.-Ing., Karls- ruhe, Kurfürstenstr. 12.	Frauenschub, Willy, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Wolfartsweierstr. 4.	Herrmann, Karl, Ziv.-Ing., Karls- ruhe-Rüppur, Heckenweg 49.
Breitenstein, Aug.-Georg, Betr.- Ing., Ettlingen, Rastatter Str. 25.	Fricke, Lebrecht, Dipl.-Ing., Karls- ruhe-Durlach, Badener Str. 27.	Hezel, Alois, stud. el., Karls- ruhe, Lessingstr. 27.
Brückner, Wilhelm, Elektro-Ing., Karlsruhe, Astenweg 5.	Füger, Felix, Ob.-Baurat, Dipl.- Ing., Karlsruhe-Rüppur, Tul-phenstr. 32.	Hildebrand, Karl, Dipl.-Ingenieur, Karlsruhe, Gebhardstr. 4.
Bührle, Hans-Adolf, Elektro-Mstr., Karlsruhe, Reinh.-Frank-Str. 14.		Himmer, Franz, cand. el., Speyer, Im Oberkämmerer 19.
Bulling, Karl, Dipl.-Ing., Karls- ruhe, Konradin-Kreutzer-Str. 2.	Gänger, Berthold, Dr.-Ing. habil., Karlsruhe, Nuitstr. 9.	Hirsch, Hans, Betr.-Ing., Karls- ruhe-Durlach, Lamprechtstr. 7.

Höhn, Wilhelm, Ober-Ingenieur, Karlsruhe, Weinbrennerstr. 38.
Homolatsch, Eugen, Ober-Ing., Karlsruhe, Kronenstr. 2.
Hummel, Ernst, Betr.-Ltr., Karlsruhe, Goethestr. 29.
Hummel, Walter, Ing., Karlsruhe, Rheinstr. 69.
Jenne, Walter, stud. el., Karlsruhe, Wendstr. 7.
Jörger, Friedrich, Elektro-Ing., Karlsruhe, i. Fa. BBC., Kaiserstraße 90.
Jung, Emil, Elektro-Ing., Karlsruhe, Neckarstr. 35.
ter Jung, Werner, Ob.-Ingenieur, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Klosestraße 17.
Kammerer, Erich, Elektro-Ing., Karlsruhe, Neckarstr. 14.
Kautzmann, Otto, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Karlstr. 73.
Keller, Albert, Elektro-Ing., Karlsruhe, Baumeisterstr. 36.
Kiefer, Wilhelm, El.-Inst.-Mstr., Karlsruhe, Adlerstr. 2 a.
Kinscher, Heinz, Stud., Karlsruhe, Philippstr. 28.
Klein, Julius, Ing., Karlsruhe, Bürklinstr. 10.
Klößkorn, Hans-Joach., stud. el., Karlsruhe, Sofienstr. 115.
Kniel, Erwin, Stud., Karlsruhe, Gerwigstr. 53.
Knoch, Hermann, stud. el., Karlsruhe, Cäcilienstr. 40.
Kögel, Lucas, stud. el., Karlsruhe, Englerstr. 1.
Kokotz, Egon-Hans, Karlsruhe-Weiherfeld, Neckarstraße 59, b. Kolb.
Kromer, Carl-Th., Dr.-Ing., Dir., Karlsruhe, Hebelstr. 2.
Krum, Fritz, Dipl.-Ing., Karlsruhe-Rüppurr, Otenaust. 8.
Lamey, Hermann, Elektro-Ing., Pforzheim, Maximilianstr. 161.
Langsdorf, Erich, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Vorholzstr. 17.
Lauer, Kurt, stud. el., Karlsruhe, Gottesauerstr. 49.
Lehner, Hans, stud. el., Karlsruhe, Kriegsstr. 256 III.
Leiser, Erich, Dipl.-Ing., Karlsruhe.
Leitner, Wilhelm, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Rechts der Alb 30.
Lesch, Guntram, Dr.-Ing., Prof., Karlsruhe, Eisenlohrstr. 16.
Letsch, Leopold, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Winterstr. 16.
Link, Hans, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Seldeneckstr. 4.
Lochmüller, Anton, Elektro-Mstr., Karlsruhe-Durlach, Zunftstr. 8.
Loés, Wilhelm, stud. el., Karlsruhe, Ludwig-Marum-Str. 28.
Loewer, Fritz, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Karl-Wilhelm-Str. 19.
Mackh, Hansjörg, Baurat, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Klosestr. 36.
Mampell, Dieter, Stud., Amberg, Siemens-Schuckert-W.
Martzloff, Friedrich, Ihringen b. Freiburg, Bahnhofstr. 282.
Marx, Hermann, Dipl.-Ing., Karlsruhe-Durlach, Turmbergstr. 17.
Maurer, Peter, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Philippstr. 20.
Mayer, Jos., Stadtammann, Karlsruhe, Körnerstr. 46.
Mehlhardt, Wolfgang, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Rheingoldstr. 11.
Meinzinger, Walter, stud. el., Karlsruhe, Mathystr. 33.
Merz, Ludwig, Dr. habil., Karlsruhe, Grenzweg 5.
Modrow, Dieter, Stud., Karlsruhe, Karlstr. 122.
Möhrle, Karl, Dr., Oberbaudir., Karlsruhe, Leibnizstr. 6.
Mössinger, Richard, Ober-Ing., Karlsruhe, Hebelstr. 2/4 (Badenwerk).
Müller, Artur, El.-Ing., Karlsruhe, Liebigstr. 4.
Müller, Herbert F., Dr.-Ing. hab., Karlsruhe-Rinth., Im Krautgarten 8.
Müller, Theodor, Dipl.-Ing., Busenbach, Hauptstr. 18.
Nägele, Eberhard, Stud., Karlsruhe, Bachstr. 27.
Nagel, Wilhelm, El.-Inst.-Mstr., Karlsruhe, Gabelsbergerstr. 7.
Nentwig, Werner, Stud., Ettlingen, Sibillastr. 19.
Nikolaus, Albert, Ing., Elzach (Bad.), Hauptstr. 99.
Nobiling, Ernst, Dipl.-Ing., Caixa, Postal 2093, Sao Paulo, Brasil.
Oplitz, Gerhard, stud. el., Karlsruhe, Sofienstr. 115.
Pape, Fritz, Ober-Ing., Karlsruhe, Leibnizstr. 2.
Peter, Ferdinand, Ob.-Ing., Dir., Karlsruhe, Haydnpl. 3.
Pohle, Günter, cand. el., Karlsruhe, Cäcilienstr. 24.
Pokorny, Werner, Ing., Karlsruhe, Karl-Wilhelm-Str. 13.
Praßler, Hans, Dr.-Ing., Karlsruhe, Stuttgarter Str. 5 b. Bach.
Rapp, Egbert, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Brunhildenstr. 4.
Rebske, Werner, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Jollystr. 45.
Reinhardt, Wolfgang, Handelsvertreter, Karlsruhe, Damaschkestraße 33.
Reis, Arnold, Ing., Karlsruhe, Händelstr. 24.
Reiß, Hugo, Ing., Karlsruhe, Hohenzollernstr. 14.
Reitze, Wilfried, cand. el., Karlsruhe, Kriegsstr. 5 d.
Restle, Christian, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Stefaniensstr. 63.
Rex, Friedrich, Ob.-Ing., Karlsruhe, Neckarstr. 14.
Richter, Rudolf, Prof., Dr.-Ing., Karlsruhe-Durlach, Haldenwaagstraße 8.
Rick, Robert, Elektro-Ing., Karlsruhe, Rintheimer Str. 32.
Ries, Helmut, Stud., Karlsruhe, Kriegsstr. 236.
Rieth-Hoerst, Heinz, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Moltkestr. 59.
Röhr, Walter, Ob.-Ing., Karlsruhe-Rüppurr, Battstr. 3.
Rösch, Hansjörg, stud. el., Karlsruhe, Kniebisstr. 45.
Rothmund, Hans, Elektro-Ing., Karlsruhe, Kaiserstr. 38.
Ruhmann, Hermann, techn. Angst., Karlsruhe, Schumannstr. 3.
Schade, Hans, Karlsruhe, Vogesenstraße 2.
Scheffold, Wolf, techn. Ang., Karlsruhe, Klosestr. 11.
Schenkel, August, Fach-Ing., Karlsruhe, Nördl. Hildepromenade 4.
Scherer, Hermann, Ob.-Ingenieur, Karlsruhe, Pfingstaler Str. 9.
Schmerler, Friedrich, Elektro-Meister, Karlsruhe, Nebeniusstraße 35.
Schmidt, Walter Hubert, Diplom-Ing., Eutingen, Enzstr. 96.
Schneider, Friedrich, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Klosestr. 21, AEG Bahnabt.
Schneider, Carl-Erich, stud. el., Karlsruhe, Emil-Gött-Str. bei Weiß.
Schneider, Heinrich, Elektro-Ing., Karlsruhe, Bannwaldallee 59.
Scholl, Viktor, Ob.-Ing., Karlsruhe, Vorholzstr. 15.
Scholz, Fr.-Wilh., Dir., Dipl.-Ing., Karlsruhe, Kriegsstr. 234.
Schwarz, Karl, Ing., techn. Ob.-Insp., Karlsruhe, Draistr. 11.
Schwarz, Walter, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Kriegsstr. 129.
Schwarz-Haaf, Otto, Elektro-Mstr., Karlsruhe, Viktoriastr. 8.
Seller, Robert, Elektro-Mech., Karlsruhe-Rüppurr, Rastatter Straße 44.
Sichelschmidt, Wilhelm, Ing., Karlsruhe, Kaiserallee 87.
von Sieg, Max-Chr., Dipl.-Ing., Karlsruhe, Hirschstr. 88.
Spaeth, Robert, Ing., Pforzheim, Güterstr. 40.
Spieler, Franz, El.-Ing., Karlsruhe, Rankestr. 16.
Spöhrer, Walter, cand. el., Karlsruhe, Rosenweg 53.
Spott, Rolf Hans, Stud., Karlsruhe, Rudolfstr. 31.
Stein, Paul, Elektro-Ing., Karlsruhe, Amalienstr. 26.
Stier, Friedrich, Prof., Dr.-Ing., Karlsruhe, Hübschstr. 15.
Stössinger, Siegfried, Dipl.-Ing., Flehingen über Bretten, Rathausplatz 5.
Streb, Wilhelm, Dipl.-Ing., Offenburg (Bad.), Gaswerkstr. 19.
Strittmatter, Emil, Elektro-Ing., Karlsruhe, Resedenweg 10.
Thomann, Bruno, stud. el., Baden-Baden, Erwinstr. 6 b. Walter
Troeltsch, Friedrich, Ob.-Ing., Karlsruhe, Lenzstr. 14.

Vögtlin, Ernst, Schaltmstr., Karlsruhe, Scheibenhardt.
Volderauer, Hans, Ob.-Ing., Karlsruhe, Südenstr. 2.
Vox, Wilhelm, Dr.-Ing., Karlsruhe, Bächstr. 43.
Weber, Alfons, Elektro-Meister, Karlsruhe, Federbachstr. 29.
Weber, Otto, Schaltmstr., Karlsruhe, Scheibenhardt.
Weichelt, Otto, Student, Karlsruhe, Neckarstr. 24.
Weiland, Fritz, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Lebrechtstr. 33.
Weindel, Artur, Ing., Karlsruhe, Ritterstr. 42.
Weise, Edmund, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Moltkestr. 73.
Werner, Max, Elektro-Mech., Bau-Meister, Karlsruhe, Douglasstraße 22.
Wolf, Hansjörg, stud. el., Karlsruhe, Karlstr. 123.
von Zastrow, Ruediger, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Mozartstr. 13.
Zillmer, Werner, Dipl.-Ing., Karlsruhe, Leopoldstr. 1a.
Zingraff, Josef, Ziv.-Ing., Karlsruhe, Stefaniensstr. 14.

Korporative Mitglieder

AEG Ing.-Büro, Karlsruhe, Aмалиenstr. 7.
Badenwerk A.-G., Karlsruhe, Hebelstr. 2/4.
Brown Boveri & Cie. A.-G., Karlsruhe, Kaiserstr. 90.
Ettlingen-Maxau, Papier- u. Zellstoffwerke, Ettlingen, Schöllbronner Str. 12.
Fabeg GmbH., Fahrzeugbeleuchtung, Bretten (Baden).
Gritzner-Kayser A.-G., Karlsruhe-Durlach.
Haitz, Kurt, Ing., Karlsruhe, Klosestr. 27.
Industriewerk Karlsruhe A.-G., Karlsruhe, Gartenstr. 63—71.
Junker & Ruh A.-G., Karlsruhe, Siemensstr. 1.
Kordes & Co., Elektrotechnische Fabrik, Ittersbach.
Kunz, E., K.-G., Karlsruhe, Kriegsstraße 97.
Moninger, Brauerei, Karlsruhe, Kriegsstr. 212.
Nähmaschinenfabrik Karlsruhe A.-G., vorm. Haid & Neu, Karlsruhe, Karl-Wilh.-Str. 44/48.

Oberpostdirektion, Karlsruhe, Ettlinger Torplatz 2.
Der Präsident d. Landesbezirkes Baden, Abt. Wirtschaft, Ernährung u. Verkehr; Landeswirtschaftsamt, Karlsruhe, Hauptgebäude.
G. Schaub, Apparatebauges. mbH., Pforzheim-Baden.
Siemens & Halske A.-G., Techn. Büro, Karlsruhe, Bahnhofstr. 5.
Siemens-Schuckertwerke A.-G., Techn. Büro, Karlsruhe, Bahnhofstr. 3—7.
Sinner A.-G., Karlsruhe, Dumersheimer Str. 57—59.
Stadtwerke, Baden-Baden, Waldseestr. 24.
Städt. Elektrizitäts- u. Wasserwerk, Oberkirch (Bad.).
Städtische Werke, Karlsruhe, Kaiserallee 11.
Würtenberger & Haas, el.-techn. Fabrik, Karlsruhe, Bannwaldallee 44.
Ziegler Elektromaschinenbau Dr. Krauter, Ettlingen, Baden, Pforzheimer Str. 79.

Elektrotechnische Gesellschaft Nordhessen

- Geschäftsstelle: Kassel, Obere Königstr. 3, Telefon: 3 285, Postscheckkonto: Frankfurt a. M., 11 20 07.
- Vorsitzender: Schunk, Wilhelm, Dipl.-Ing., Kassel, Roonstr. 53.
- stellv. Vorsitzender u. Schriftführer: Dölle, Erich, Dipl.-Ing., Kassel, Nordhäuserstr. 11.
- Kassenwart: Lange, Josef, Kassel, Schlangenweg 7.
- Vortragsdezernent: Walter, Michael, Dr.-Ing., Kassel, Lessingstr. 19.
1. Beisitzer: Crusius, Kurt, Dr., Kassel, Florian-Geyer-Str. 2.
2. Beisitzer: Sommerfeld, Arthur, Dipl.-Ing., Kassel, Akazienweg 17.
3. Beisitzer: Lüttich, Ludwig, Direktor, Eschwege (Werra), Mangelgasse 9.
4. Beisitzer: Seuser, Karl, Dipl.-Ing., Kassel-K., Wilhelmshöher Weg 97.
- Ammermann, K., Dipl.-Ing., Eschwege (Werra), Gebrüderstr. 13.
- Appel, Hans, Ing., Kassel-Niedersachsen, Leuschnerstr. 14.
- Behmann, Gerhard, Elektro-Ing., Niederaula (Hersfeld), Hauptstraße 74.
- Behrendt, Karl, Ing., Kassel, Königstr. 11.
- Biermanns, Josef, Prof. Dr.-Ing., Helsa, Ibachtal 251.
- Bock, Fritz, Abt.-Leiter, Kassel, Gartenstr. 31.
- Bohn, Günter, Ob.-Ing., Kassel, Auerstr. 25.
- Bohnfeld, Karl, Prüfmeister, Kassel-Harleshausen, Am Wäldchen 6.
- Böhner, Hugo, El.-Ing., Betr.-Ltr., Warburg (Werra), Landfurt 3.
- Bokemeyer, Erich, Dipl.-Ing., Ob.-Ing., Kassel, Friedrich-Ebert-Straße 120.
- Bolloni, Franz, Betr.-Ltr., Melungen, Heilstättenstr. 2.
- Bott, Hermann, Ing., Heringen (W.), Widdershäuser Str. E 56.
- Brand, Emil, Ob.-Ing., Hersfeld, Hainstr. 22.
- Braune, Richard, El.-Ing., Kassel Wilh., Wilhelm-Schmidt-Str. 24.
- Brendel, Otto, Dipl.-Ing., Ob.-Ing., Kassel, Goethestr. 30.
- Brink, Karl, Dr.-Ing., Kassel, Teitrischer Str. 5.
- Brod, Willy, Ing., Kassel, Rich.-Wagner-Str. 17.
- Buchholz, Max, Oberbaurat i. R., Kassel-Harleshausen, Annatalstraße 96.
- Bürkel, Heinz, stud. Ing., Kassel, Ysenburgstr. 1.
- Butte, Karl, Techn. Angest., Ing., Kassel, Esmarchstr. 27.
- Christ, Ernst, Dipl.-Ing., Kassel, Auerstr. 25.
- Crämer, Richard, Ob.-Ing., Kassel, Ysenburgstr. 54.
- Crusius, Kurt, Dr., Oberreichsbahnrat, Kassel, Florian-Geyer-Straße 2.
- Deutschmann, Alfred, Ing., Lobenhäusen, Kr. Melsungen.
- Dickhaut, Wilhelm, Ing., Kassel, Kölnische Str. 126.
- Dölle, Erich, Dipl.-Ing., Kassel-Wilhelmshöhe, Nordhäuser Straße 11 a.
- Dunkel, Wilh., Elektrotechniker, Hann.-Münden, Veckerhäger Straße 76.
- Eckhardt, Friedrich, Zivil-Ing., Fürstentagen (Kassel), Stedl. 13.
- Eichelberg, Edmund, Dipl.-Ing., Hedemünden (Weser).
- Elberfeld, Hermann, Ing., Kassel, Elfenbuchenstr. 20.
- Else, Heinz, techn. Reichsbahn-Insp., Kassel, Kölnische Str. 64½.
- Enders, Georg, El.-Ing., Eschwege (Werra), Seminarstr. 3.
- Ernstberger, Hans, Dir., Dipl.-Ing., Kassel, Lessingstr. 21.
- Esser, Julius, Ingenieur, Kassel, Goethestr. 55.

Finis, Hans, Ing., Kassel-Oberzwehren, Oberzwehrener Str. 63.
 Franke, Heinrich, Elektro-Ing., Kassel, Pettenkoferstr. 2.
 Franz, Otto, Zivil-Ing., Kassel, Regentenstr. 14.

Gärtner, Rudolf, Dr.-Ing., Kassel-Bettenhausen, Lilienthalstr. 150.
 Gerdes, Hermann, El.-Ing., Landwehrhagen, Kr. Hann.-Münden.
 Gerhard, Ludwig, Elektro-Ing., Kassel-Kirchditmold, Riedwiesenstraße 32.
 Gerlach, Walter, Ing., Eschwege (Werra), Fr.-Wilhelm-Str. 50.
 Glötzer, Johann, Ing., Kassel, Luisenstr. 20.
 Göthel, Erich, Dipl.-Ing., Kassel, Keplerstr. 4.
 Gräff, Willi, Dipl.-Ing., Borken (Kassel), Am Kraftwerk 1.
 Güeffroy, Walter, Dipl.-Ing., Kassel, Burgfeldstr. 15.

Haas, Dipl.-Ing., Kassel, Philosophenweg 41.
 Hagelgans, Heinrich, Dipl.-Ing., Kassel, Hohenzollernstr. 141.
 Heeger, Wilh., El.-Ing., Kassel, Kölnische Str. 119.
 Heiden, Karl, El.-Mstr., Kassel, Kölnische Str. 119.
 Hellmund, Fritz, Dipl.-Ingenieur, Kassel, Wilhelmshöher Allee 79 3/4.
 Hempfing, Rudolf, Dipl.-Ing., Eschwege, B. d. Marktkirche 21.
 Henkes, Hans, Dir.-Ing., Kassel-Wilhelmshöhe, Brüsselsbergstr. 6.
 Herzfeld, Karl, Dipl.-Ing., Kassel-Bettenhausen, Faulswiesenweg 94.
 Hesterberg, Wolfig., Dir., Dipl.-Ing., Kassel-Wilhelmshöhe, Uhlenhorststr. 15 1/2.
 Heumann, Oskar, Ing., Kassel-Wilhelmshöhe, Hüttenbergstr. 14.
 Hildmann, Georg, Ing., Kassel, Kölnische Str. 140.
 Hildmann, Kurt, Ing., Waldkappel, Bez. Kassel.
 Hilgenberg, Rudolf, Betr.-Ing., Kassel-Wilhelmshöhe, Regentenstraße 12.
 Hof, Walter, Werkmstr., KVG, Kassel, Kassel-Wilhelmshöhe, Wilh.-Allee 333.
 vom Hofe, Friedrich, Ing., Moisscheid, Post Treysa.
 Hoffmann, Karl, Dipl.-Ingenieur, Kassel-Wilh., Im Rosental.
 Holle, Karl, Dipl.-Ing., Kassel-Bettenhausen, Wohnstr. 4.

Inhofeld, Carl-Erich, Ing., Kassel, Herkulesstr. 61.

Kabacinski, Albert, Ing., Grebendorf ü. Eschwege.
 Kannigleiser, Albrecht, El.-Ing., Grebendorf ü. Eschwege.
 Keutner, Erwin, Dr., Arolsen (Waldeck).
 Kienzler, Karl, Ing., Kassel, Hentzestr. 18.

Kiesewetter, Franklin, Werkstatt-leiter, Kassel, Holländische Straße 45.
 Kleim, Werner, Ing., Kassel, Hunrodstr. 5.
 Klein, Josef, Ing., Abt.-Leiter, Kassel, Breitscheidstr. 17.
 Klemm, Josef, Betr.-Ing., Kassel-Wilhelmshöhe, Schloßpark 19.
 Knauer, Hans Heinrich, Dipl.-Ing., Kassel-Wilh., Lange Str. 8.
 Knop, Ludwig, Ing., Kassel, Holländische Str. 138.
 Koch, Walter, Dipl.-Ing., Kassel-Wilh., Hugo-Preuß-Str. 21.
 Köhler, Helmuth, Ing., Kassel-Kirchditmold, Am Hange 30.
 Köhler, Peter, Ing., Kassel-Wilhelmshöhe, Regentenstr. 18.
 Kürsten, Waldemar, Elektro-Ing., Kassel, Baumgartenstr. 20.
 Kürth, Landwehr, Ing., Kassel, Opernstr. 9.
 Kutzscher, Willi, Dipl.-Ingenieur, Kassel-Wilh., Rieckstr. 10.

Land, Ernst, Ing., Kassel-Herleshausen, Rundesfeld 21.
 Landwehr, Wilhelm, Ing., Kassel, Opernstr. 9.
 Laneus, Gerhard, Ing., Kassel, Ahnatalstr. 26 1/2.
 Lange, Josef, Kaufm., Kassel, Schlangenweg 7.
 Leffler, Engbert, Dipl.-Ing., Sandershausen (Kassel), Am Wolfsgraben 2.
 Leopold, Otto, Ober-Ing., Lohfelden (Kassel), Ochshäuser Straße 58.
 Lerch, Otto, Ing., Niedermöllrich 1, ü. Wabern.
 Ludolf, Gerhard, El.-Ing., Kassel, Philippinenhöfer Weg 52 1/2.
 Lüttich, Ludwig, Dir., Eschwege (Werra), Mangelgasse 9.
 Luschert, Ernst, Ing., Kassel-Bettenhausen, Forstbachweg 16.

Madee, Walter, Dipl.-Ingenieur, Kassel, Querallee 13.
 Mahlmann, Adolf, Ing., Kassel-Harleshausen, Wilhelmshöher Weg 45.
 Mahr, Otto, Dr.-Ing., Kassel, Lessingstr. 21.
 Mangold, August, Ing., Kassel, Lessingstr. 19.
 Mann, Günther, Ing., Niedervellmar (Kassel), Triftstr. 86.
 Matthes, Georg, Ing., Kassel, Sothensternstr. 11.
 Meckelburg, Gerhard, Dipl.-Ing., Wiershausen ü. Hann.-Münd.
 Mommsen, Walter, Dipl.-Ing., Kassel, Lessingstr. 17.
 Müller, Alois, Ing., Kassel-Bettenhausen, Forstbachweg 16 u.
 Müller, Hugo, Betr.-Ing., Kassel, Wilhelm-Allee 346.
 Müller sen., Theo, Ober-Ing., Kassel, Opernstr. 9.
 Müller jun., Werner, Ing., Kassel-Brüsselsberg, Sandbuschweg 9.

von Nasse, Hans-Joachim, Dipl.-Ing., Kassel-Wilh., Stiegelwiesen 6.
 Nelsbach, Wilhelm, Ing., Kassel, Christbuchenstr. 97.
 Netze, Erich, Ing., Kassel-Bettenhausen, Stegerwaldstr. 15.
 Niederschmidt, Kurt, Ing., Kassel, Goethestr. 34.
 Nöding, August, Ing., Kassel, Hauffstr. 16.
 Nolte, Friedrich, Dr.-El., Kassel, Heideweg 27.
 Nolte, Ludwig, Dr.-Ing., Kassel, Malsburgstr. 6.

Obermann, Heinrich, Dir., Kassel-Kirchditmold, Riedwiesenstr. 41.
 Ostermann, Herbert, Dipl.-Ing., Kassel-Nordshausen, Korbacher Straße 170.
 Overmann, H., Dr., Göttingen, Bahnhofstr. 12-16.

Paproth, Heinz, Ing., Kassel-Rothenditmold, Sybelstr. 32.
 Pförtner, Theodor, Ing., Kassel, Bunsenstr. 198.
 Plassmann, Peter, Ing., Lohfelden (Kassel), Ochshäuser Str. 56.
 Preuß, Rudolf, Techn. Telegr.-Insp., Kassel-Harleshausen, Wilhelmshöher Weg 55.
 Probst, Erwin, Ing., Niedervellmar (Kassel), Triffstr. 44.

Rauschenbach, Arthur, Ingenieur, Kassel, Kirchweg 52.
 Rehm, Emil, Ing., Ihringshausen (Kassel), Veckerhagener Str. 30a.
 Reisewitz, Hans Joachim, Ing., Kassel, Schöffenhofstr. 2 III r.
 Rennert, Wilhelm, Dipl.-Ing., Kassel-Wilh., Druseltalstr. 27.
 Reube, Hermann, Ing., Kassel, Fiedlerstr. 202.
 Richter, Heinz, Betr.-Ing., Eschwege (Werra), Mangelgasse 38.
 Rickling, Erich, Physiker, Kassel, Achenbachstr. 11.
 Riedler, Kurt, Dr. Dir., Kassel, Wilhelmstr. 6.
 Rödel, Hansgeorg, Dipl.-Ing., Kassel-Wilh., Werraweg 12.
 Rüppel, Walter, Ing., Kassel, Goethestr. 70.
 Runge, Hans, Betr.-Ing., Lohfelden (Kassel), Ochshäuser Straße 58.

Sander, Robert, Ob.-Ing., Kassel, Obere Königstr. 13.
 Schade, Otto, Oberbaurat a. D., Beberbeck, Hofgaismar.
 Scheibner, Rudolf, Ober-Ing., Kassel-Harleshausen, Wilhelmshöher Weg 51.
 Scheller, Hugo, Ing., Kassel, Emmerichstr. 17.
 Schmatjko, Boris, Dipl.-Ingenieur, Kassel, Lilienthalstr. 150.
 Schmitt, Karl, Dipl.-Ing., Fulda, Frankfurter Str. 23.

- Schmitz, Albert, Dipl.-Ingenieur, Kassel-Bettenhausen, Lilienthalstraße 106.
Schnitzler, Hans, Ing., Kassel-Niederzw., Leuschnerstr. 14.
Schott, Werner, Dir., Kassel-Wilhelmshöhe, Löwenburgstr. 1½.
Schultz, Arnold, Baurat i. R., Kassel-Wilh., Steinhöfer Str. 12.
Schulz, Werner, El.-Ing., Kassel-Kirchditmold, Am Hange 25.
Schulze, Hans, Dipl.-Ing., Kassel, Sussowstr. 2.
Schulze, Hans - Friedrich, Ing., Kassel, Wilhelmhöher Allee 257.
Schunk, Wilhelm, Dipl.-Ingenieur, Kassel, Roonstr. 53.
Schuster, Ernst, Ing., Kassel, Breitscheidstr. 60.
Schween, Wilh., Ing., Niedervellmar (Kassel), Baunichen 8.
Seidel, Hermann, Dir., Bad Hersfeld, Friedloser Str. 106.
Sejkora, Julian, Dipl.-Ingenieur, Kassel-Bettenhausen, Lilienthalstraße 98 I.
Seufert, Wilh., El.-Ing., Kassel-Niederzw., Frankfurter Str. 257.
Seuser, Karl, Dipl.-Ing., Kassel-Kirchditmold, Wilhelmshöher Weg 97.
Sieber, Hans, Dir., Kassel, Ulmenstr. 21.
Sievers, Heinrich, Dipl.-Ingenieur, Hersfeld, Homberger Str. 60.
Sommerfeld, Arthur, Dipl.-Ing., Oberpostrat, Kassel, Akazienweg 17.
Stahl, Ernst, Kfm., Kassel, Herkulesstr. 93.
Steinhauer, Gustav, El.-Techniker, AEG, Kassel, Kettelerstr. 3.
Stengele, Hermann, Ing., Kassel, Wolfgangstr. 45.
Stiehle, Heinz Georg, Ingenieur, Kassel-Wilh., Uhlenhorststr. 20.
Suchanek, Walter, Dipl.-Ing., Kassel, Lessingstr. 17.
Süßner, Walter, Dipl.-Ing., Altmorschen (Kassel).
Thiemann, Fritz, Betr.-Ingenieur, Kassel-Harleshausen, Todenhäuser Straße.
Tremba, Michael, Dipl.-Ingenieur, Kassel, Luisenstr. 5½.
Tschentschel, Walter, Ingenieur, Felsberg.
Ullrich, Walter, Ob.-Ing., Dalherda (Rh.), Forsthausstr. 4.
Väth, Karl, Ingenieur, Kassel, Hegelbergstr. 22.
Wagner, Karl, Ing., Kassel, Kölnische Str. 140.
Walter, Michael, Dr.-Ing., Kassel, Lessingstr. 19.
Weber, Otto, Ing., Kassel, Wilhelmshöher Allee 333.
Wegener, Karl, Dipl.-Ing., Betr.-Ing., Philippsthal (Werra), Weinberg 30.
Weibeler, Dir., Korbach, Louis-Peter-Str. 4.
Weiler, Franz, Betr.-Ltr., Hann.-Münden, Wilhelmshäuser Str. 11.
Weimann, Friedr., Techn. Reichsbahn-Ob.-Insp., Kassel, Kattenstraße 3.
Weitemeyer, Willi, Ober-Ing., Kassel, Heckerstr. 51 I.
Welter, Heinz, Kfm. Vorstand, Kassel, Luisenstr. 18.
Werner, Hans, Ing., Kassel, Schlachthofstr. 49.
Werren, Albrecht, Diplom-Ing., Kassel, Wilhelmshöher Allee 168.
Wesche, Kurt, Dipl.-Ing., Homberg (Kassel), Ludwig-Mohr-Straße 29.
Westerhoff, Eugen, Dir., Kassel-Bettenhausen, Lilienthalstr. 150.
Frhr. von Willisen, Adolf, El.-Techn., Kassel, Friedrich-Ebert-Straße 169.
Wirth, Paul Gerhard, Ingenieur, Kassel, Hardenbergstr. 6.
Wolfram, Wilhelm, Ing., Niedervellmar, Kasseler Str. 72.
Wühr, Maximilian, Ing., Kassel, Isenburg Str. 52.
Zeiß, Ernst, Ing., Bad Sooden-Allendorf, Rosenstr. 5.
Zeudi, Hans, Dipl.-Ing., Kassel-Niederzw., Leuschnerstr. 29.
Zuber, Anton, Dipl.-Ing., Kassel, Goethestr. 92.

Korporative Mitglieder

- AEG Kassel, Büro, Kassel, Löwenburgstr. 10.
AEG Kassel, Fabrik, Kassel-Bettenhausen, Lilienthaler Str. 150.
Elektrizitäts-A.-G. Mitteldeutschland, Kassel, Wilhelmshöher Allee 2.
Kreiselektrizitätswerk Wolfhagen, Wolfhagen (Bez. Kassel).
Preußische Elektrizitäts - A.-G., Borken (Bez. Kassel).
Preußische Elektrizitäts - A.-G., Kassel, Achenbachstr. 1.
Ritter & Co., G.m.b.H., Kassel, Fiedlerstr. 26-28.
Siemens & Halske A.-G., Techn. Büro, Kassel, Obere Königstr. 3.
Siemens - Schuckertwerke A.-G., Techn. Büro, Kassel, Obere Königstr. 3.
Städt. Werke A.-G., Kassel, Königstor 7.

VDE Verband Deutscher Elektrotechniker Bezirk Schleswig-Holstein

- Geschäftsstelle: Kiel, Gartenstr. 6, i. Hs. d. Schleswig-Holstein. Landesbrandkasse, Bankkonto: Spar- und Leihkasse, Hauptstelle, Konto-K. 4068.
Vorsitzender: Lafrenz, Henry, Ziv.-Ing., Kiel, Beselerallee 21, Telefon: 26 059.
stellv. Vorsitzender: Bogen, Edmund, Dipl.-Ing., Kiel, Hansastr. 69, Telefon: 21 231.
Schriftführer: Beenken, Carl-Dietrich, Dipl.-Ing., Kiel, Nietzschestr. 9, Telefon: 21 242.
Kassenwart: Block, Wilhelm, Ing., Kiel, Möllingstr. 22, Telefon: 24 138.

- Adam, Emil, Ing., Kiel-Krönshagen, Projektierete Straße 6—8.
Ahrens, E., Dr. phil.-habil., Kiel, Kronshagener Weg 35.
Alex, Peter-Bruno, Elektro-Ing., Eckernförde, Prinzenstr. 7.
Anders, R., Dipl.-Ing., Rendsburg, Schloßplatz 11.
Arens, Wilhelm, Dipl.-Ing., Suren-dorf, Kr. Eckernförde.
Ast, Helmut, Elektro-Ing., Kiel, Goethestr. 30.
Bartholomä, Peter, Dipl.-Ing., Kiel, Feldstr. 133.
Bauck, Joachim, Dipl.-Ing., Kiel, Knivsberg 35.
Beenken, Carl-Diet., Dipl.-Ing., Kiel, Nietzschestr. 9.
Bentze, Ernst, Kiel, Gutenbergstraße 20.
Blaser, Gustav, Ing., Preetz, Schellhorner Str. 27.
Block, Wilhelm, Ing., Kiel, Möllingstr. 22.
Blumhagen, Hans-Joachim, Ing., Wattenbek ü. Neumünster.
Bogen, Edmund, Dipl.-Ing., Kiel, Hansastr. 69.
Brandte, Karl, Rendsburg, Gorch-Fock-Str. 5.
Brosche, Willy, Ing., Kiel, Chemnitzstr. 5.
Burmester, Gustav, Ing., Lockstedter Lager, Lagerstr. M 2.
Christophersen, Peter, Ing., Kiel-Gaarden, Pickertstr. 20.
Denk, Franz, Dr.-Ing., Dir., Neumünster, Hebbelstr. 5.
Deutler, Oberpostrat, Dipl.-Ing., Kiel, Holtenauer Str. 178.

- Deutschmann, Hans-Joachim, Ing., Panker ü. Lütjenburg, Gasthaus „Ole Liese“.
- Dibbert, Karl, Ob.-Ing., Rastorfer Mühle, E-Werk.
- Dittrich, Eugen, Ing., Kiel-Wellingdorf, Wehdenweg 71.
- Dohrn, Carl, Ing., Kiel, Langenbeckstr. 3.
- Dohrn, Emil, Betr.-Dir., Rendsburg, Gorch-Fock-Str. 7.
- Dudas, Karl, Ing., Probsteierhagen, Holstein.
- Eggert, Heinz, Ing., Kiel-Ellerbek, Posadowskystr. 54.
- Elschner, Walter, Ing., Kiel, Geibelallee 2.
- Fenner, Hch., Ing., Kiel, Knorrstraße 8.
- Floerke, Hch., Dipl.-Ing., Kiel-Ellerbek, Wahlestr. 9.
- Frank, Anton, Dipl.-Ing., Direktor Flensburg, Ostsee-Endweg 53.
- Frank, Erwin, Elektro-Ing., Eckernförde, Vogelsang 50.
- Giering, Walter, Ing., Kiel, Schützenwallstr. 55.
- Gilbert, Johs., Dipl.-Ing., Kiel, Winterbeker Weg 32.
- Großer, Richard, Ing., Flensburg, Harrisleerstr. 66.
- Grützmaier, Jürgen, Dipl.-Ing., Achterwehr, Wulfsfelde.
- Grundt, Kurt, Ing., Plön (Holst.), Lütjenburger Str. 22.
- Gruß, Karl, Dipl.-Ing., Kiel, Nietzschestr. 18.
- Haefke, Erwin, Ing., Ralsdorf b. Kiel.
- Haenqkwist, Friedrich, Ing., Kiel, Mühlenweg 166.
- Hamann, Friedrich, Ing., Söby, Kr. Eckernförde.
- Hansen, Dirk, Ing., Kiel, Wilhelminenstr. 27.
- Hansen, Johannes, Ing., Kellinghusen (Holst.), Lehmberg 57.
- Harz, Franz, Ing., Kiel, Wilhelmshavener Str. 5.
- Heller, Kurt, Ing., Kiel, Petersburger Weg 25.
- Henning, Franz, Amtmann, Kiel, Hansastr. 81.
- Henseler, Paul, Ing.-Kfm., Kiel, Junfernstieg 30.
- Hofner, Herbert, Elektro-Ing., Kiel, Feldstr. 67.
- Hunger, Helmut, El.-Ing., Kiel, Ing.-Büro Atlas, Lerchenstr. 2.
- Janick, Eugen, Dipl.-Ing., Itzehoe-Tegelhörn (Holst.), Schüferkoppel 7.
- Kaak, Rudolf, Dipl.-Ing., Rendsburg, Pionier-Klinke-Str. 15.
- Kasch, John, Ing., Hohenwestedt (Holst.), Itzehoe Str. 17.
- Ketelsen, Peter, Ing., Oldsum (Föhr).
- Kock, Wilhelm, Ing., Kiel, Feldstraße 143.
- Koenn, E., Ing., Kiel, Langenrade 10.
- Kois, Johannes, Ing., Kiel-Wellingdorf, Neumühlener Str. 89.
- Kottenmeier, Bernhard, Ingenieur, Kiel, Düppelstr. 79.
- Kramer, Heinz, Ingenieur, Kiel, Gneisenaustr. 14.
- Kruse, Wilhelm, Dipl.-Ingenieur, Rendsburg, Flurstr. 8.
- Kruska, Emil, Ob.-Ing., Kiel-Pries, Fritz-Reuter-Str. 62.
- Lätsch, Robert, Ing., Kiel, Boninstraße 47.
- Lafrenz, Henry, Ziv.-Ing., Kiel, Beselerallee 21.
- Landenberger, Wilhelm, Ob.-Ing., Hamburg 13, Hochhausring 10/XI.
- Langer, Anton, Ing., Eckernförde, Am Eichberg 47.
- Langhorst, Wilhelm, Ing., Kiel-Wellingdorf, Neumühlener Straße 37.
- Lehmann, Franz, Ing., Kiel-Hassee, Hamburger Chaussee 201.
- Lehmann, Friedrich, Ing., Kiel, Nettelbeckstr. 14.
- Leue, Wilhelm, Ing., Kiel, Sophienblatt 22/24.
- Liehr, Ernst, Ing., Flensburg, Clädenstr. 7.
- Lill, Paul, Ing., Kiel, Gneisenaustraße 16.
- Lucht, R., Elektro-Ing., Kiel, Adolfstr. 29.
- Mannes, Ludwig, Ing., Kellinghusen, Hauptstr. 53.
- Martenssen, O., Prof., Dr., Kiel, Hindenburgufer 78/79.
- Menz, Kurt, Dipl.-Ing., Kiel, Holtener Str. 275.
- Meske, Felix, Dipl.-Ing., Friedrichstadt, Stadtfeld 30.
- Middendorf, Herbert, Ing., Suchsdorf, Eckernförde, Chaussee 22a.
- Misfeldt, Max, Elektro-Ing., Kiel, Harmsstr. 48.
- Mölk, Gerhard, Ing., Kiel, Frankestr. 14a.
- Möller, John, Ob.-Ing., Kiel-Hassee, Uhlenkroog 23.
- Mohr, Hans-Jürgen, Dr.-Ing., Rendsburg, Am Eiland 12.
- Motz, Wilhelm, Dipl.-Ing., Kiel-Ellerbek, Nissenstr. 27.
- Mühr, Fritz, Ing., Eutin, Plöner Straße 172.
- Muesfeldt, Karl, Ing., Kiel, Westring 229.
- Niesing, Hugo, Dipl.-Ing., Kiel, Westring 232.
- Ohm, Willi, Ing., Suchsdorf i. Holst., Eckernförde, Chaussee 143.
- Orgel, Werner, Dr.-Ing., Kiel, Forstweg 13.
- Otte, Konrad, Ing., Klausdorf a. d. Schwentine, Klingenbg. 97.
- von Otto, Harald, Dr.-Ing., Kiel, Waitzstr. 16.
- Perrey, Herbert, Ing., Kiel, Haseldicksdammer Weg 12.
- Peters, W., Dipl.-Ing., Neumünster, Roonstr. 20.
- Pfab, Albert, Kiel-Elmschenhagen, Teplitzer Allee 42.
- Pfeiffer, Adolf, Dipl.-Ing., Neumünster, Theodor-Storm-Str. 15.
- Pfeifer, Erich, Dipl.-Ing., Preetz, Schloß Bredeneck.
- Pietsch, Walter, Ob.-Ing., Kiel, Clausewitzstr. 18.
- Preuschhoff, Georg, Ing., Kiel, Hansastr. 70.
- Preuß, W., Dipl.-Ing., Dir., Kiel, Herzog-Friedrich-Str. 45.
- Raabe, Franz, Elektro-Ing., Kiel-Hassee, Hagebuttenstr. 6.
- Ramert, Friedrich, Dipl.-Ing., Kiel, Tonderner Str. 28.
- Reinicke, Wilhelm, Ing., Kiel, Goethestr. 26.
- Richter, Kurt, Kiel-Ellerbek, Nissenstr. 3, Behelfsheim.
- Röhlk, Karl, Ing., Kiel-Wellingdorf, Wehdenweg 36.
- Röver, Wilhelm, Dipl.-Ing., Kiel, Wilhelminenstr. 1.
- Rohrbeck, Wilhelm, Dipl.-Ing., Kronshagen über Kiel, Kieler Straße 26.
- Rudorfer, Hermann, Dipl.-Ing., Eckernförde, Cäcilienstr. 3.
- Saacke, Hermann, Dipl.-Ing., Kiel-Kronshagen, Villenweg 12.
- Sager, H., Elektro-Ing., Kiel, Wilhelminenstr. 13.
- Schelm, Heinz, Dipl.-Ing., Kiel, Bülowstr. 25.
- Schlüter, Helmut, Dipl.-Ing., Glücksburg, Fördestr. 9.
- Schmeer, Karl, Dipl.-Ing., Kiel-Elmschenhagen, Teplitzer Allee 1.
- Schmerda, Helmut, Dipl.-Ing., Neumünster, Kochstr. 20.
- Schmidt, Heinrich, Ing., Kiel, Westring 332.
- Schmidt, William, Ing., Lunden (Holst.), Nordbahnhofstr. 34.
- Schmitz, Karl, Kiel, Eckernförder Allee 55.
- Schweppenhäuser, Hans-Georg, Dipl.-Ing., Dir., Rendsburg, Gorch-Fock-Str. 1.
- Schneider, Waldemar, Ing., Kiel, Knorrstr. 8.
- Schröder, Ulrich, Dipl.-Ing., Lägerdorf ü. Itzehoe, Dorfstr. 8.
- Schulz, Hans, Ing., Kiel-Wellingdorf, Gabelsbergerstr. 22.
- Schulz, W., Dir., Dipl.-Ing., Kiel-Holtenau, Knooper Landstr. 4.
- Schulz-Baldes, Friedrich, Dipl.-Ing., Neustadt (Holst.), Heisterlach 69.
- Seddig, Willy, Dipl.-Ing., Kiel-Wik, Flensburger Str. 80.
- Sengewitz, Lothar, Kiel-Hassee, Stadtrade 8/10.
- Simon, Hans, Ob.-Ing., Berlin W 15, Xantener Str. 6.

Solondz, Fritz, Dipl.-Ing., Kiel,
Knivsberg 29.
Steffens, Wilh., Elektro-Ing., Kiel,
Waltzstr. 27.
Stingl, Wilhelm, Elektro-Ing.,
Kiel, Elmschenhagener Allee 27.
Stoerbeck, Walter, Dipl.-Ing.,
Moorhufen, Herzhorn (Holst.).
Stoldt, Martin, Elektro-Ing., Mel-
dorf (Holst.), Chausseestr. 25.
Stüben, Hch., Ing., Kiel, Lütjen-
burger Str. 51.
Stumpp, Werner, Elektro-Ing.,
Kiel-Haarden, Helmholzstr. 11.

Thien, Siegfried, Ing., Neustadt
(Holst.), Pelzerhaken, Haus
Waldesruh.
Tröger, Richard, Prof., Heiligen-
hafen (Holst.), Orthmühle.

Upleger, Fritz, Elektro-Ing., Kiel,
Jeßstr. 24.

Vöge, Heinrich, Dipl.-Ing., Gries-
huus (Felde), Post-Achterwehr
üb. Kiel.
Volquardsen, Christian, Ob.-Ing.,
Kiel, Baustr. 4.

Wasserkampf, Friedrich, Dipl.-
Ing., Kiel, Flensburger Str. 17.
Wegener, Walter, Dipl.-Ing., Kiel,
Hansastr. 95.
Wegner, Otto, Ing., Kiel, Harden-
bergstr. 40.
Weißpferdt, A., Ing., Kiel-
Gestorf, Parkwinkel 10.
Wellm, Rudi, Ing., Plön (Holst.),
Schloßgebiet 14.

Wichelmann, Paul, Elektro-Ing.,
Kiel, Frankestr. 13.
Willroth, Rudolf, Ingenieur, Kiel,
Gneisenaustr. 12.
Wilms, Walter, Elektro-Ingenieur,
Cldenburg (Holst.), Schuhstr. 22.
Winkler, Friedrich, Ing., Hem-
mingstedt b. Heide, Dea-Siedlg.
Wöhle, Joh., Elektro-Ing., List
a. Sylt, Süderhorn 24.
Wolff, Heinr., Ing., Schleswig,
Süderholmstr. 7.

Zander, Albert, Dir., Kiel, Es-
marchstr. 57.
Zeyen, Dipl.-Ing., Kiel, Blücher-
straße 15.
Ziegenberg, R., Ing., Neumünster,
Bahnhofstr. 19, Hotel „Kaiser-
ecke“.

Korporative Mitglieder

AEG., Kiel, Herzog-Friedrich-
Straße 45.
Elektroacoustic, Kiel, Westring 425
Gemeindeverwaltung Niebüll,
Abt. El.-Anlage, Niebüll.
Kieler Verkehrs-Aktiengesellsch.,
Kiel, Gaardener Str. 6.
Jorddeutsche Apparate-Bauanstalt
G. m. b. H., Kiel-Wellingdorf,
Seefischmarkt.
Oberpostdirektion Kiel, Kiel,
Stresemannstr. 4.
Schleswig-Holsteinische Landes-
brandkasse, Kiel, Gartenstr. 6.
Schleswig-Holsteinische Strom-
versorgungs-A.-G., Rendsburg,
Stormstr. 1.

Schulz, Martin, Ingenieurbüro,
Kiel, Herzog-Friedrich-Str. 28.
Siemens-Schuckert-Werke, Techn.
Büro Kiel, Kiel, Holsten-
brücke 26.
Stadtwerke Eckernförde, Eckern-
förde.
Stadtwerke Flensburg, Flensburg,
Batteriestr. 48.
Stadtwerke Glückstadt, Glück-
stadt, Bahnhofstr. 2.
Stadtwerke Heide, Heide.
Stadtwerke Husum, Husum,
Zingel 2.
Stadtwerke Itzehoe, Itzehoe, Fehr-
straße 3.
Stadtwerke Kiel, Kiel, Knooper-
weg 75.
Stadtwerke Neumünster, Neu-
münster (Holstein), Bismark-
straße 120.
Stadtwerke Neustadt i. H., Neu-
stadt i. H.
Stadtwerke Plön, Plön, Schloß-
berg 4.
Stadtwerke Rendsburg, Rends-
burg, Am Eiland 12.
Stadtwerke Schleswig, Schleswig,
Poststr. 8.
Stadtwerke Bad Segeberg, Bad
Segeberg, Gr. Seestr. 4-6.
Stadtwerke Westerland, Wester-
land (Sylt), Friesische Str.
Stadtwerke Wilster, Wilster,
Klosterhof 23.
Utina-Elektrowerk G. m. b. H.,
Eutin i. H., Elisabethstr. 72.
Vereinigte Großkraftwerke Schles-
wig-Holstein G. m. b. H., Rends-
burg, Am Eiland 2.

Verband Deutscher Elektrotechniker Bezirk Köln

Geschäftsstelle: Köln-Riehl, Amsterdamer Str. 192, Telefon: Köln 70 651, Postscheckkonto:
Köln 15 82 21, Johannes Bruncken, Schatzmeister, Köln-Bickendorf.
Vorsitzender: Förster, Martin, Dr., Köln-Riehl, Amsterdamer Str. 192.
stellv. Vorsitzender: Kieser, Walter, Dr., Direktor, Köln-Mülheim, Schanzenstr. 24.
Schriftführer: Höller, E., Dr., Oberbaurat, Köln, Kraftwerk Zugweg, Zugweg 31.
Kassenwart: Bruncken, Johannes, Köln-Bickendorf, Rochusstr. 56.
Beisitzer: Franken, Herbert, Direktor, Bonn a. Rh., Hartsteinstr. 1.
Knaack, Walter, Dipl.-Ing., Berrenrath b. Köln, Neue Siedlung.
Kother, Johann, Prof. Dr.-Ing., Köln, Alteburger Wall 31.
Lennertz, Jos., Dr.-Ing., Ministerialrat, Köln, Wörthstr. 5.
Schneider, Peter, Dr., Direktor, Oberbaurat, Köln, Ubierring 48.

Adels, Tony, Ing., Inh. der
Elektro u. Wärmetechn. Werke,
Köln-Deutz, Bataverstr. 5.
Adr.: Berg. Gladbach, Buchholz-
straße 40-46.
Adolf, Emil, Ing., Langeberg
(Rhld.), Rundfunksender.
Arndt, Erich, Ob.-Ing., Köln,
Teutoburger Str. 7.
Artmann, Hans, Elektro-Ing.,
Kall (Eifel), Kölner Str. 11.

Baier, Karl, Ing., Köln-Brauns-
feld, Pauliplatz 13.
Bartels, Karl, Dir., Köln-Brück,
Dieringhauser Str. 27.

Bartels, Martin, Dipl.-Ing. Köln-
Mülheim, Zehntstr. 39.
Bauer, Hans, Elektro-Ing., Hürth
(Köln), Klementienhof 5.
Bauer, Wilhelm, Dir. i. R., Bonn
(Rhein), Kaiserstr. 24.
Baumgart, Karl, Dr., Köln-Mül-
heim, Adamstr. 68.
Baumgartner, Adolf, Berg. Glad-
bach, Buchholzstr. 47.
Baumgartner, Franz, Berg. Glad-
bach, Buchholzstr. 40-46.
Baurmann, Karl, Dipl.-Ing., Bonn
(Rhein), Hofgartenstr. 11.

v. Beaulieu-Marconnay Frhr.,
i. Fa. Silis, Köln, Machabäer-
straße 36, Postadr.: (22a) Holz,
Post Burscheid, Bez. Düsseldorf.
Beindorf, Werner, Dr.-Ing. habil.,
Köln-Buchforst, Kopernikus-
str. 11.
Bente, Gustav, Ob.-Ing., Köln-
Sülz, Olefstr. 11.
Beigfelder, Rudolf, Köln-Sülz,
Münstereifeler Str. 47.
Beutler, Fritz, Direktor, Köln-
Riehl, Amsterdamer Str. 192.
Billerbeck, Wolf, Wesseling bei
Köln, Saarlandstr. 2.

- Birkenstadt, Heinrich, Dipl.-Ing., Studienrat a. D., Köln-Dellbrück, Grafenmühlenweg 18.
- Birrenbach, H., Dr.-Ing., Groß-Königsdorf b. Köln, Klosterstraße 10.
- Bischof, Johannes, Horrem Bez. Köln, Wiesenstr. 34.
- Blassneck, August, Ing., Gewerbeoberlehrer, Efferen Bez. Köln, Kalscheurener Str. 17.
- Blatzheim, Wilhelm, Ing., Bad Godesberg, Ringsdorfer Str. 12.
- Blied, Hans-Josef, Dipl.-Ing., Hürth b. Köln, Kreuzstr. 74.
- Böning, P., Prof. Dr.-Ing., Porz (Rhein), Goethestr. 7.
- Born, Wilhelm, Elektro-Ing., Köln-Klettenberg, Heisterbacher Straße 17.
- Brauns, Helmuth, Physiker, Köln-Dellbrück, Gemarkenstr. 140.
- Braxator, Hans, Dipl.-Ing., Troisdorf b. Köln, In der Gronau 1.
- Brinkmann, Curt, Dr.-Ing., z. Zt. Lüttich (Belgien), 145 Boulevard de la Sauvenière.
- Brinkmann, Friedrich, Dipl.-Ing., Köln-Mülheim, Elisabeth-Breuer-Straße 28.
- Brockmanns, Heinrich, Anrath-Krefeld, Gietherstr. 14.
- Brodeser, Heinz, Bad Godesberg, Scharnhorststr. 1a.
- v. Bruchhausen, Bernd, Brühl, Bez. Köln, Kaiserstr. 6.
- Bruchwilder, Wilh.-Georg, Dipl.-Ing., Köln, Kaiser-Wilhelm-Ring 48.
- Bubner, G., Dipl.-Ing., z. Zt. Darmstadt, Wittmannstr. 12.
- Budde, Klaus, Efferen b. Köln, Hermühlheimer Str. 53.
- Büdscheid, Leverkusen-Schlebusch, III, Richard-Wagner-Str. 7.
- Büttner, Alexander, Brühl, Bez. Köln, Auguste-Viktoria-Str. 11-13.
- Büttner, Gerhard, Dr., Prokurist-Chemiker, Porz/Köln, Bahnhofstraße 45.
- Busch, Robert, Dipl.-Ing. Neuershausen über Freiburg i. Br., Hauptstr. 59.
- Buss, Gerd, Dr., Köln-Mülheim, Frankfurter Str. 43.
- Buss, Karl, Dr., Köln-Mülheim, Genovevstr. 94.
- Caesar, Ernst Ludwig, Dipl.-Ing., Brühl, Bez. Köln, Römerstr. 86.
- Capeller, Frl. Ruth, Dr., Köln, Riehler Str. 55-57.
- Causemann, Josef, Köln-Holweide, Isenburger Kirchweg 22.
- Dambach, Peter, Köln-Klettenberg, Petersbergstr. 82.
- Dilgen, Balhasar, Ing., Porz/Köln, Hauptstr. 89.
- Dölscher, Georg, Dipl.-Ing., Köln-Buchforst, Klaprothstr. 10 II.
- Döring, Fritz, Ing., Köln-Bayenthal, Höllderlinstr. 38.
- Dorst, Alfred, Köln-Riehl, Pionierstr. 14.
- Dürbeck, Ludwig, Köln-Merheim (Lrh.), Merheimer Str. 478.
- Eimermacher, Hermann, Loope Bez. Köln.
- Esser, August, Ing., Berg. Gladbach, Oberheidkammer Str. 53.
- Esser, Karl, Ing., Bonn a. Rh., Ermekeilstr. 30.
- Ewald, Paul, Ing., Zweigbüro: Köln-Lindenthal, Franzstr. 191.
- Feldmeyer, Erich, Ing., Brühl Bez. Köln, Langenacker Str. 47.
- Fiessler, H. G., Ing., Brühl, Bez. Köln, Königstr. 29.
- Firmenich, Rudolf, Dipl.-Ing., Berg. Gladbach, Margarethenhöhe 2.
- Förster, Martin, Dr., Direktor, Köln-Riehl, Amsterdamer Str. 192.
- Franken, Herbert, Direktor, Bonn, Hartsteinstr. 1.
- Friedrich, Johannes, Dipl.-Ing., Lülldorf-Feldmühle über Troisdorf, Kolonie 15.
- Frege, Christian, Dr.-Ing., Bonn-Venusberg, Rundfunksender.
- Frese, Hans, Ing., Köln-Rath, Wodanstr. 85.
- Frings, Cornel, Bedburg/Hau, Kr. Kleve, Haus Rosendal.
- Fritz, I. C., Dipl.-Ing., Beuel (Rhein), Südstr. 51.
- Fusbahn, Ulrich, Dipl.-Ing., Beuel (Rhein), Goethestr. 9.
- Gassen, Richard, Köln, Mainzer Straße 25.
- Gassen sen., Richard, Industrievertreter, Köln, Mainzer Str. 25.
- Gerstle, Josef, Köln-Thielenbruch, Brambachstr. 36.
- Goedicke, E. Dr., Köln-Mülheim, Berg. Gladbacher Str. 111.
- Göpper, Hans, Dipl.-Ing., Köln, Friesenplatz 14.
- Grossmann, I. H., Köln-Klettenberg, Siebengebirgsallee 155.
- Hackert, Heinz, Dipl.-Ing., Bonn, Meckenheimer Allee 83.
- Haferstroh, Hans, Dipl.-Ing., Köln-Klettenberg, Unkelstr. 5.
- Hager, Eduard, Dipl.-Ing., Köln, Richard-Wagner-Str. 12.
- Hahne, Wilhelm Ing., Hermühlheim, Vorbergstr.
- Hammer, Kurt, Dipl.-Ing., Köln-Marienburg, Marienburger Straße 10.
- Hartleb, Wilhelm, Ing., Köln-Hohenhaus, Projektstr., Nördl. Lippeweg.
- Hartung, Kurt, Dipl.-Ing., Bonn, Burbacher Str. 12.
- Heffels, Josef, Dr., Leverkusen-Schlebusch, Berg. Landstr. 58.
- Heiligers, Franz, Kleve/Maternborn, Querallee 53.
- Heinzelmann, Heinrich, Ob.-Ing., Köln-Riehl, Am Botanischen Garten 73.
- Henneberger, Georg, Ing., Berg. Gladbach, Langemarkweg 48.
- Henseler, Hans, Köln-Zollstock, Bornheimer Str. 42.
- Heß, Franz, Dipl.-Ing., Brauweiler b. Köln, An der Bonnstr. 3.
- Hilgendorff, H. J., Dr., Leverkusen-Schlebusch, Saarlauterner Str. 25.
- Höller, Erich, Dr.-Ing., Oberbaurat, Köln, Kraftwerk Zugweg, Am Zugweg 31.
- Hoffschmidt, Clemens, Dipl.-Ing., Köln-Klettenberg, Aegidienberger Str. 2.
- Hollstein, Jul., Prof., Direktor, Brühl, Bez. Köln, Comesstr. 45.
- Honnef, Heinz, Ing., Oberkassel (Siegkreis), Kalkuhlstr. 22.
- Hoppe, Karl, Ing., Köln-Bayenthal, Mansfelder Str. 24-26.
- Horn, Heinz, Direktor, Köln-Mülheim, Clevischer Ring 3.
- Horstkötter, Willi, Ing., Köln-Deutz, Justinianstr. 8.
- Hüthwohl, Hans-Joachim, Ing., Brühl/Bez. Köln, Heinrich-Esser-Str. 14.
- Hvezda, Aug. Ferd., Ing., Köln-Ehrenfeld, Stammstr. 109.
- Jackschath, W., Elektro-Ing., Köln, Hansaring 43.
- Jacobs, Hans, Köln-Dellbrück, Hünenstr. 22.
- Jäger, Kurt, Ob.-Ing. Wesseling/Bez. Köln, Bismarckstr. 18.
- Jester, Theo, Kaufmann, Köln-Mauenheim, Gieselherstr. 4.
- Josephs, Walter, Elektro-Ing., Köln-Merheim lrh., Lobositzstr. 3.
- Juffa, Richard, Leverkusen, Peter-Griß-Str. 19.
- Kahlenborn, Josef, Bonn (Rhein), Burgstr. 176.
- Kallies, Günter, Elektro-Ing., Köln-Deutz, Clever Str. 10.
- Kaske, Heinrich, Ing., Direktor, Köln-Marienburg, Tiberiusstr. 10.
- Kaufmann, Th., Köln-Riehl, Amsterdamer Str. 191.
- Kettenbaum, Robert, Ing., Berg. Gladbach, Urbanstr. 11.
- Kieser, Walter, Dr., Dir., Köln-Mülheim, Düsseldorfer Str. 59.
- Kipper, Josef, Köln-Niehl, Feldgärtenstr. 98.
- Klostermann, F. W., Dir., Dipl.-Ing., Köln-Riehl, Am Botanischen Garten 45 I.
- Knaack, Walter, Dipl.-Ing., Berrenrath, Bez. Köln, Neue Siedlung.
- Knep, Heinz, Köln-Nippes, Neuer Str. 329.
- v. d. Knesebeck, Bodo, Dir., Dipl.-Ing., Köln-Lindenthal, Virchowstraße 6.
- Kolb, Emil, Ob.-Ing., Honnef (Rhein), Königin-Sophie-Str. 21.
- Komp, Peter, Lanzerath, Kr. Euskirchen, Dorfstr. 8.
- Koppe, Hermann, Dipl.-Ing., Porz (Rhein), Eilerstr. 182 I.

- Kother, Johann**, Prof. Dr.-Ing. habil., Oberreichsbahnrat, Köln, Alteburger Wall 31.
- Kranz, Friedr.**, Dipl.-Ing., Hürth (Bez. Köln), Mathiasstr. 18.
- Kretzer, Gustav**, Ob.-Ing., Köln, Weissenburgstr. 58.
- Kretzschmar, Bruno**, Dr.-Ing., Hürth Bez. Köln, Clementinenhof 10.
- Krupp, Peter**, Dipl.-Ing., Köln-Merheim Irh., Pallenbergstr. 7.
- Kühle, Wilh. Eberhard**, Dr.-Phys., Bad Godesberg, i. Fa. Ringsdorff-Werke.
- Kündiger, Erich**, Dipl.-Ing., Bonn, Hohenzollernstr. 4.
- Kuntzmann, Eugen**, Köln-Bickendorf, Teichstr. 59.
- Kunze, Franz**, Dipl.-Ing., Berg Gladbach, Bensberger Str. 188.
- Kusche, Kurt**, Köln-Radeital, Markusplatz 39.
- Lahm, Max**, Köln-Riehl, Stammheimerstr. 108.
- Langel, Josef**, Dipl.-Ing., Köln-Deutz, Alarichstr. 85.
- Laue, Karl**, Elektro-Mstr., Köln, An der Bottmühle 4.
- Lennertz, Jos.**, Min.-Rat Dr.-Ing., Köln, Wörthstr. 5 (Oberpostdirektion).
Adr.: Stolberg (Rhld.), Eschweiler Str. 187.
- Lepper, August**, Honnef (Rhein), Eisenbahnstr. 12.
- Löwenberg, Klaus Wilh.**, Dipl.-Ing., Trier, Simonstr. 56.
- Lotz, Karl**, Dipl.-Ing., Köln-Braunsfeld, Pauliplatz 3 a.
- Ludendorff, Gerd-Harald**, Oberreichsbahnrat, Köln, Wörthstr. 9.
- Mannes, Ludwig**, Elektro-Ing., Köln-Zollstock, Burbacher Str. 13.
- Martin, Josef**, Ing., Bonn, Adolfstr. 21.
- Meier, Paul**, Dipl.-Ing., Köln-Niehl, Amsterdamer Str. 263.
- Mercker, Fritz**, Dipl.-Ing., Wesseling (Bez. Köln), Helmholtzstraße 2.
- Merkelbach, Rudolf**, Ob.-Ing., Köln-Braunsfeld, Erkelenzstr. 15.
- Merz, E. Ludwig**, Ing., Leverkusen-Schlebusch 3, Mendelssohnstr. 22.
- Meyer, Alexander**, Dr., Berg Gladbach, Paffrather Str. 269.
- Milz, Josef**, Ing., Bonn, Hindenburgstr. 125.
- Mohrenstecher, Erwin**, Vollmershausen, Bez. Köln, Kölner Straße 73 a.
- Monz, Hermann**, Ing., Köln-Sülz, Kirchberger Str. 38.
- Müller, Franz**, Brühl/Bez. Köln, Kurfürstenstr. 4.
- Müller, Math.**, Ing., Köln, Hansa-haus, Friesenplatz 16.
- Müller, Wilh.**, Elektro-Ing., Hermühlheim, Hohlweg 5.
- Müller, Wilh.**, Dipl.-Ing., Kuchenheim b. Euskirchen, Neustr. 40.
- Neckenbürger, E.**, Dr., Köln, Volksgartenstr. 26.
- Neuhaus, Robert**, Dipl.-Ing., Porz (Rhein), Hauptstr. 59.
- Niemann, Paul**, Ing., Köln-Braunsfeld, Cornelimünsterstr. 22.
- Oehlen, Paul**, Dipl.-Ing., Köln-Mülheim, Frankfurter Str. 40.
- Osterspey, Kurt**, Ing., Mechenich (Eifel), Friedrich-Wilhelm-Straße 17.
- Oswald, Theod.**, Dipl.-Ing., Köln-Merheim rth., Iserloher Str. 22.
- Otte, Herbert**, Dipl.-Ing., Köln-Thielenbruch, Gemarkenstr. 134.
- Otten, Heribert**, Ing., Köln-Mülheim, Schanzenstr. 24.
- Pees, Norbert**, Dir., Dipl.-Ing., Hürth (Bez. Köln), Thalmühlenstr. 1.
- Peuster, Karl**, Dipl.-Ing., Weiden b. Köln, Goethestr. 23.
- Piau, Karl-Günter**, Elektro-Ing., Köln-Nippes, Siebachstr. 89.
- Pöttgen, Reiner**, Ob.-Ing., Köln-Ehrenfeld, Hauffstr. 18 II.
- Pohle, Joachim**, Dipl.-Ing., Köln-Sülz, Mommsenstr. 2 III.
- Pohlmann, K.**, Dr.-Ing., Berrenrath b. Köln, Villenstr. 47.
- Presser, Karl**, Dipl.-Ing., Köln-Lindenthal, Dürener Str. 387 I.
- Püllicher, August**, Köln, Vogteistraße 15.
- Rabe, Heinz**, Dipl.-Ing., Köln, Spichernstr. 44 II.
- Reiche, Willi**, Dr.-Ing., Köln, Alteburgerstr. 79.
- Reimer, Willi**, Düren, Jülicher Str. 25.
- Reuschenbach, Georg**, Dr., Köln-Höhenhausen, Berliner Str. 380a.
- Reuter, Josef**, Köln-Klettenberg, Luxemburger Str. 303.
- Rhein, Heinz**, Ing., Berrenrath üb. Köln, Villenstr. 49.
- Riedel, Peter**, Bonn a. Rh., Bischofsgasse 4.
- Riehm, Jakob**, Ing., Köln-Kalk, Lüttringhauser Str. 64.
- Riepka, Helmut**, Dipl.-Ing., Dir., Porz b. Köln, Kaiserstr. 23.
- Ritter, Hans**, Elektro-Ing., Effren (Bez. Köln), Kalscheuerner Str. 13.
- Röntgen, C. Otto**, Ing., Direktor i. R., Remscheid, Schützenstr. 22.
- Rösch, Hugo**, Dr.-Dipl.-Ing., Honnef/Rh., in Fa. Transformatorenwerk Lepper.
- Rumpff, Hans**, Dr.-Ing., Bonn, Händelstr. 13.
- Saur, Karl**, Dipl.-Ing., Köln-Sülz, Scherfginstr. 63.
- Schmidt, Bernhard**, Ob.-Ing., Kreuztal b. Siegen, Kaiserstr. 28.
- Schmidt, Friedrich**, Ob.-Ing., Köln, Sedanstr. 9.
- Schmohl, Ernst**, Dipl.-Ing., Köln, Lindenthalgürtel 21.
- Schneider, Peter**, Dr., Oberbaurat, Dir., Köln-Lindenthal, Kitschburger Str. 1.
- Schneider, Phil.**, Dir., Dipl.-Ing., Köln-Mülheim, Düsseldorf Str. 44.
- Schreiber, Franz**, Ing., Köln, Trajanstr. 27.
- Schreiber, Walter**, Elektro-Ing., Forsbach (Bez. Köln), Bensberger Weg 120.
- Schröder, Gerhard**, Köln-Lindenthal, Krieler Str. 109.
- Schütz, Helmut**, Ing., Köln-Buchforst, Galileistr. 8.
- Schulte, Oberbaurat a. D.**, Bonn, Poppelsdorfer Allee 94.
- Schwarzendahl, Karl**, Dipl.-Ing., Bonn, Bornheimer Str. 9.
- Segschneider, Adolf**, Ob.-Ing., Hürth b. Köln, Berrenrather Str. 6.
- Seibt, Heinz**, Köln, Rubensstr. 5.
- Seiffe, Friedhelm**, Dipl.-Ing., Köln-Höhenhausen, Am Propfbusch 19.
- Silberbach, Paul**, Baurat i. R., Köln, Sachsenring 53.
- Sondick jr., Arthur**, Ing., Derschlag Bez. Köln, Friedenstr. 19.
- Spangenberg, Alfred**, o.F.G., Köln-Sülz, Rhöndorfer Str. 10a.
- Stein, Wilfried**, Dipl.-Ing., Köln-Mülheim, Adamstr. 68-70.
- Steinmann, Heinz**, Prof., Dr.-Ing., Troisdorf b. Köln, Am Hofweiher 24.
- Stephani, Rudolf**, Ing., Bonn, Mondorfer Str. 252.
- Stotzem, Josef**, Ing., Köln-Lindenthal, Kerpener Str. 58.
- Strohe, Adolf**, Dr.-Ing., Köln-Marienburg, Bayenthalgürtel 40.
- Teske, Walter**, Dipl.-Ing., Kna-sack (Bez. Köln), Kapellenstr. 68.
- Thomeier, August**, Dipl.-Ing., Honnef a. Rh., Eisenbahnstr. 16.
- Törner, Karl**, Brühl b. Köln, Theodor-Körner-Str. 3.
- Tümsmeier, Peter**, Oberkassel/Sieglkr., Bergstr. 23.
- Urbahn, Carl**, Ing., Frechen bei Köln, Mathiasstr. 18.
- Vanselow, Hans-Ludwig**, Ing., Köln-Nippes, Florastr. 66.
- Viebahn, Hans-Günther**, Köln, Aquinosstr. 8.
- Vogel, Wilhelm**, Prof. Dr., Köln-Nippes, Gust.-Nachtigall-Str. 17.
- Vogel, Wilhelm**, Dr., Prof., Köln-Riehl, Bodinusstr. 7.
- Wahl, Günter**, Dipl.-Ing., Köln-Merheim, Niehler Str. 396.
- Wallach, Karl**, Dipl.-Ing., Kna-sack (Bez. Köln), Gartenstr. 18.
- Wallabenstein, Robert**, Junkersdorf b. Köln, Kölner Weg 10.
- Weber, H. H.**, Bensberg bei Köln, Schloßstr. 16a.
- Wegner, Otto**, Elektro-Mstr., Köln-Riehl, Rudolf-Sohm-Str. 37.
- Weller, Hans**, Dr., Köln-Buchheim, Malteserstr. 11.

Welter, Heinz, Ing., Köln-Junkersdorf, Am Frankenhain 50.
Werr, Franz, Köln-Nippes, Krüthstraße 7.
Werth, Alex, Dr. jur., Bad Godesberg, Fasanenstr. 30.
Wetterer, Albert, Ing., Köln-Lindenthal, Zülpicher Str. 381.
Weyer, Ulrich, Dipl.-Ing., Gewerbeoberlehrer, Köln, Roonstraße 82.
Weyer, Walter, Dipl.-Ing., Köln-Riehl, Brehmstr. 1.
Wiefel, Otto, Ing., Leverkusen-Schlebusch 3, Saarbrücker Str. 4.
Wierzyk, Dipl.-Ing., Köln, Eintrachtstr. 92 I.
Wolferrmann, Fried., Ob.-Ing., Köln, Moltkestr. 30a.
Worms, Gerh., Köln, Friesenwall 130.
van Zullen, Reiner, Köln, An den Dominikanern 2.

Korporative Mitglieder

Aktengesellschaft Vulkan, Köln-Ehrenfeld, Lichtstr. 43.
Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG), Büro Köln, Neumarkt 18.
G. Breining, Spez.-Fabr. für Dynamokohlen, Bonn a. Rh., Dransdorfer Weg 42.

Cölner Elektromotorenfabrik, Johannes Bruncken, Köln-Bickendorf, Rochusstr. 56.
Dielektra A.-G., Porz (Rhein), Kaiserstr. 127.
Elektromotorenwerke Dornhoff & Co., Horrem (Bez. Köln), Höhenweg 11—13.
Elmetag, Armin Carp, Köln, Kamekestr. 10.
Felten & Guillaume Carlswerk A.-G., Köln-Mülheim, Schanzenstraße 24.
Gas-, Elektrizitäts- und Wasserwerke der Stadt Köln, Köln, Rosenstr. 30.
Hochspannungsgesellschaft Fischer & Co., K.-G., Köln-Zollstock, Hönigerweg 127.
Georg Innecken, Ingenieurbüro, Euskirchen, Keltenring 21.
Klöckner-Moeller G.m.b.H., Bonn, Immenburgstr. 5.
Kreislwerke Bergheim, Bergheim/Erft, Bethlehemstr. 10.
Elektrotechnische Fabrik, Küpstege, Leverkusen-Küppersteg, Bismarckstr. 22.
Land- und Seekabelwerke A.-G., Köln-Nippes, Niehler Str. 118-120.
Moeller, H., K.-G., Bonn, Arndtstraße 10.
Nordwestdeutscher Rundfunk NWDR, Köln, Dagobertstr. 38.

Oberpostdirektion Köln, Köln, Wörthstr. 5.
Rega-Brucker & Kreuser K.-G., Fabrik für Elektrotechnik und Feinmechanik, Köln-Braunsfeld, Aachener Str. 451.
Rhein. Draht- und Kabelwerke G.m.b.H., Köln-Riehl, Amsterdamer Str. 192.
Rhein. Elektrizitätswerk im Braunkohlenrevier Aktiengesellschaft, Köln, Kaiser-Friedrich-Ufer 55.
Rhein. Westf. Elektrizitätswerke, Brauweiler, Hauptschaltleitung, Brauweiler Bez. Köln.
Stadtwerke - Leverkusen, Leverkusen, Kölner Str. 192.
Steinert, Elektromagnetbau, Köln-Braunsfeld, Widdersdorfer Straße 329.
Straßen- und Vorortbahnen der Stadt Köln, Köln-Sülz, Hermeskeiler Str. 15.
Wessel Werke A.-G., Abt. Isolatoren, Bonn (Rhein), Dransdorfer Weg 62-66.
Weyer & Zander G.m.b.H., Spez.-Fabr. selbst. Schaltgeräte, Köln-Nippes, Ossendorfer Str. 26.
Zera Spezialfabrik Elektr. Prüfgeräte, Königswinter, Hauptstraße 79.

Verband Deutscher Elektrotechniker Bezirk Kurpfalz E. V.

Geschäftsstelle: Mannheim-Fdhm., Körnerstr. 33, Telefon: Mannheim 51 682, Postscheckkonto: Karlsruhe 18 939, Bankkonto: Südwestbank, Filiale Mannheim, Depositenkasse, Heidelberger Straße, Konto 70 389.
Vorsitzender: Hölterhoff, Alb., Ob.-Ing., Mannheim-Fdhm., Körnerstr. 33.
stellv. Vorsitzender: Scharff, Helm., Dr.-Ing., Ludwigshafen (Rh.), Leuschnerstr. 38.
Kassenwart: Becker, Kurt, Ob.-Ing., Mannheim-Kft., Straßenheimer Weg 33.
Beisitzer: Cremer, C. H., Dipl.-Ing., Mannheim-Neustheim, Paul-Martin-Ufer 9.
Müller, Max., Oberbaurat, Mannheim-Ilvesheim, Uferstr. 1.

Angert, Hans, Ing., Mannheim-Feudenheim, Weinbergstr. 33.
Appuhn, Hans, Dipl.-Ing., Neustadt a. d. Weinstr., Amalienstraße 21.
Arnecke, Werner, Elektro-Ing., Schwetzingen (Baden), Marstallstraße 51.
Ballauf, Armin, Ob.-Ing., Mannheim, Lucas-Cranach-Str. 18.
Bauer, H., Ob.-Ing., Mannheim, Collinistr. 41 a.
Bauer, Karl, Ing., Ludwigshafen (Rhein), Röntgenstr. 3.
Baumgarten, C., Ing., Mannheim-Feudenheim, Schwanenstr. 55.
Becker, Franz Josef, Mannheim-Feudenheim, Paulusbergstr. 9.
Becker, Kurt, Ob.-Ing., Mannheim-Käfertal, Strassenheimerweg 33.
Beckers, Richard, Ob.-Ing., Wilhelmshof bei Heidelberg, Alte Römerstr. 34.

Bee, Heinz, Elektro-Ing., Mannheim-Feudenheim, Weiherstr. 19.
Beintker, Wolfgang, Dipl.-Ing., Mannheim, H 7.17, b. Steckmeier.
Bellm, Anton, Ing., Heidelberg-Kirchheim, Hegenichstr. 68.
Berg, Wilhelm, Ob.-Ing., Mannheim, Renzstr. 7.
Benkert, Emil, Dipl.-Ing., Schriesheim a. d. B., Schaulinslandweg 20.
Bester, Hermann, Betr.-Ltr., Mannheim-Almenhof, Freiheitsplatz 8.
Bleck, Emil, Ing., Heidelberg, Quinkestr. 4.
Bludau, Gerhard, Dipl.-Ing., Mannheim-Neurathem, Karl-Ladenburg-Str. 51.
Böcker, Helmut, Dr.-Ing., Mannheim, Böcklinplatz 4.
Boll, G., Dr.-Ing., Heidelberg, Maulbeerweg 12.
Bollmann, Walter, Dipl.-Ing., Heidelberg, St. Vitus-Gasse 11a.

Botz, Ludwig, Ing., Heidelberg-Pfaffengrund, Schwalbenweg 39.
Braun, Heinrich, Elektro-Ing., Ludwigshafen (Rhein), Auerstraße 11.
Bruhn, Alois, Ing., Mannheim-Rheinau, Stengelhofstr. 16.
Brune, Bernhard, Ing., Mannheim, Luisenring 45 a.
Brust, Walter, Dipl.-Ing., Mannheim, Liebigstr. 9.
Buff, Helmut, Dipl.-Ing., Mannheim, Erzbergerstr. 16.
Burger, Eduard, Elektro-Ing., Weinheim a. d. B., Mannheimer Straße 53.
Burghoff, H. H., Dr.-Ing., Dalsheim (Kr. Worms), Am Oberdorfer 4.
Caspari, Eduard, Dir., Dr.-Ing., Heidelberg, Rudolf-Krehl-Straße 1 b.
Cremer, Carl-Hans, Dipl.-Ing., Mannheim, Paul-Martin-Ufer 9.

- Dafferner, Albert, Mannheim-Waldhof, Hohensalzaer Str. 47.
Decker, Robert, Elek.-Inst.-Mstr., Mannheim, Meerfeldstr. 67.
Delphendahl, Christian, Dipl.-Ing., Schwetzingen (Baden), Dreikönigstr. 19.
Denzler, Günther, Ing., Mannheim-Seckenheim, Badener Straße 35.
Diehl, Eduard, Dipl.-Ing., Weinheim a. d. B., A. L. Grimmstraße 18.
Dietzel, Willi, Konstr., Mannheim-Käfertal, Rüdesheimer Straße 7.
Durst, Alfred, Ing., Weinheim a. d. B., Bissinger Str. 10.
Egl, Walter, Dipl.-Ing., Hochdorf (Pfalz), bei Bast.
Eiselt, Franz, Dipl.-Ing., Ludwigshafen-Oggersheim, Mannheimer Str. 11.
Eisenlohr, Frithjof, Dipl.-Ing., Heidelberg-Rohrbach, Heidelberger Str. 21.
Elfner, Albert, Elektro-Ing., Kaiserslautern (Pfalz), Pirmasenser Straße Nr. 62.
Emler, Ernst, Student, Ludwigshafen (Rhein), Blücherstr. 16.
Engelhardt, Ludwig, Ob.-Ing., Mannheim, Bibienastr. 14.
Engelmann, Dietrich, Dipl.-Ing., Mannheim, Großer Weidstücker Weg 3.
Faulhaber, Heinz, Dr.-Ing., Neustadt a. d. Weinstr., Maximilianstraße 18.
Fauth, Ernst, Ing., Landstuhl (Pfalz), Saarbrücker Str. 15.
Fehmel, Jakob, Elektro-Ing., Ruchheim (Pfalz), Fussgönzheimer Str. 60.
Feilner, Hans, Elektro-Ing., Mannheim-Käfertal, Ruppertsberger Str. 20.
Flagge, Otto, Ing., Lampertheim (Hessen), Neue Schulstr. 47.
Frase, O., Ob.-Ing., Mannheim-Feudenheim, Talstr. 66.
Freudenberger, Hans, Dipl.-Ing., Weinheim a. d. B., i. Fa. Carl Freudenberger.
Freund, K. A., Ing., Kirchheimbolanden (Pfalz), Schloßstr. 9.
Frey, Karl, Dr.-Ing., Mannheim-Käfertal, Rebenstr. 7 a.
Friedemann, Kurt, Ing., Ludwigshafen (Rhein), Jahnstr. 46.
Friedmann, Franz, Dipl.-Ing., Mannheim, Speyerer Str. 115.
Friedrich, Robert, Obergeringenieur, Heidelberg, Kußmaulstr. 10.
Frühauf, Gerhard, Dr.-Ing., Ludwigshafen (Rh.), Hohenzollernstraße 76.
Gelbel, Wilhelm, Dipl.-Ing., Ludwigshafen (Rhein), Lisztstr. 107.
Gelger, Manfred, stud. Ing., Ludwigshafen (Rhein), Wislicenusstr. 1.
Gern, Otto, Dipl.-Ing., Mannheim, Herxheimer Str. 23.
Gerner, Gottlieb, Ing., Mannheim, Weberstr. 7.
Gerwig, Hans, Dipl.-Ing., Tien-gen (Oberrhein).
Gessner, Robert, Obergeringenieur, Schwetzingen (Baden), Bruchhäuser Straße 3.
Glessecke, Heinz, Dipl.-Ing., Mannheim-Neustheim, Böcklinstraße 17.
Göbel, Walter, Dipl.-Ing., Ludwigshafen (Rhein), IV. Gartenweg 11.
Goller, Walter, Ludwigshafen (Rhein), Leistadter Str. 3.
Grande, Max, Dir., Mannheim-Käfertal, Auerhahnstr. 27.
Graßl, Erich, Ing., Ludwigshafen (Rh.), Hafenstr. 118.
Greff, Gustav-Adolf, Betr.-Dir., Mannheim, Waldhofstr. 150.
Grenzer, Rudolf, Ing., Ludwigshafen-Oggersheim (Rhein), Kurfürstenstr. 3.
Grimme, Erich, Ing., Mannheim-Feudenheim, Talstr. 67.
Groh, Wilhelm, Ing., Mannheim, Diefenestr. 23.
Gross, Albert, Dipl.-Ing., Baurat a. D., Brühl b. Schwetzingen, Kath. Pfarrhaus.
Gross, Artur, Ing., Mannheim-Neckarau, Luisenstr. 71.
Gündling, Heinrich, Techn., Lampertheim (Hessen), Oberlacher Straße 10.
Güth, Wilhelm, Ing., Weinheim a. d. B., Staffelpfrankel 5.
Günther, Hans, Dipl.-Ing., Mosbach (Baden), Bürgermeister-Renz-Str. 29.
Günther, W., Dr.-Ing., Heidelberg, Bismarckstr. 11.
Guski, Helmut, Ing., Mannheim-Neckarau, Mönchwörthstr. 46.
Haas, Anton, techn. Reichsbahnsekretär, Mannheim, Rollbühlstraße 63.
Haase, Hans, Ing., Birkenau i. Odenw., Schillerstr. 11.
Haberer, Ludwig, Dipl.-Ing., Ludwigshafen (Rhein), Fichtestr. 24.
Haegele, Heinz, Dipl.-Ing., i. Fa. Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen.
Hahn, Fritz, Dr.-Ing., Heidelberg, Lutherstr. 13 a.
Hammel, Siegfried, Dipl.-Ing., Mannheim-Neckarau, Mönch-wörthstr. 62.
Happoldt, Hans, Dr.-Ing., Viernheim (Hessen), Goethestr. 15.
Harsch, Albert, Ob.-Ing., Mannheim, Friedrich-Ebert-Str. 25.
Heer, Ludwig, Dr.-Ing., Mannheim, Paul-Martin-Ufer 49.
Heinen, Franz, Ober-Ing., Heidelberg, Im Gabelacker 19.
Henneberger, Leopold, Ob.-Ing., Mannheim, Richard-Wagner-Straße 15.
Herrmann, Adolf, Obergeringenieur, Heidelberg, Bergstr. 124.
Hiepe, Hans, Dr.-Ing., Mannheim, Richard-Wagner-Str. 2.
Hölcker, Otto, Dipl.-Ing., Mannheim, Rheinhäuser Str. 6.
Hölterhoff, Albert, Ob.-Ing., Mannheim-Feudenheim, Körnerstr. 33.
Hölzer, Arthur, Ing., Kaiserslautern (Pfalz), Wörthstr. 31.
Hoffmann, Helmut, Elektro-Ing., Mannheim-Neckarau, Plinaustraße 12.
Hoffmann, Karl, Betr.-Ing., Mannheim-Waldhof, Märker Querschlag 61.
Hofmann, Hans, Dipl.-Ing., Mannheim-Neckarau, Luisenstr. 11.
Hofmann, H., Ing., Groß-Rohrheim, Rheinstr. 71.
Holdermann, Otto, Schwabenheim, Post Dossenheim, Kraftwerk Schwabenheim.
Holdt, H., Dr.-Ing., Weinheim a. d. B., Krimhildstr. 35.
Hoppner, A., Ob.-Ing., Mannheim, Schafweide 79.
Iber, K., Ing., Mannheim-Lindenhof, Pfalzplatz 1.
Ihrig, Heinrich, Ing., Plankstadt (Baden), Schwetzingener Str. 31.
Jacóttet, Paul, Dr.-Ing., Heidelberg, Schlosserstr. 3.
Jaenicke, Gunther, Eberbach a. N., Bussemmerstr. 3.
Jahraus, Erich, Dipl.-Ing., Mannheim, Im Lohr Nr. 8.
Jandewerth, Alois, Dipl.-Ing., Mannheim-Käfertal, Auf dem Sand 19.
Jaspers, B., Ob.-Ing., Mannheim-Käfertal, Reiherstr. 4.
Kade, Friedrich, Dr.-Ing., Weinheim a. d. B., Hermannstr. 22.
Kaeser, F., Dipl.-Ing., Dir., Mannheim, Augartenstr. 134.
Katzenberger, Ob.-Ing., Dir., Heidelberg, Kaiserstr. 5.
Keiper, Karl, Ing., Frankenthal (Pfalz), Lambsheimer Str. 67.
Keller, Hans, Dipl.-Ing., Mannheim, Dürerstr. 138.
Kiefer, Alois, El.-Ing., Mannheim, Sofienstr. 10.
Klebert, Artur, Elektro-Ingenieur, Hockenheim (Baden), Ludwigstraße 26.
Kilvar, Erich, Eberbach a. N., Burgstr. 6.
Klöpfiel, Ernst, Ing., Weinheim a. d. B., Nördl. Hauptstr. 28.
Koch, J., Dir., Dr.-Ing., Heidelberg, Bismarckstr. 11.
Koch, Otto, Ing., Mannheim-Neustheim, Paul-Martin-Ufer Nr. 14.
Körner, Paul, Dir., Heidelberg, „Haus Römerbrücke“, Uferstraße 36.
Kolb, Georg, Betr.-Ing., Mannheim-Neckarau, Plinaustr. 12.
Kosse, Manfred, Ing., Mannheim-Käfertal, Dezimeter-Zentrale.

- Kranz, Rudolf, Dipl.-Ing., Dir., Mannheim, Leibnizstr. 23.
Krapp, Karl, Dipl.-Ing., Mannheim-Neustheim, Paul-Martin-Ufer 31.
Krause, Bruno, Ob.-Ing., Heidelberg, Bismarckstr. 11.
Krauss, Herbert, Ludwigshafen (Rhein), Wredestr. 37.
Krauth, Helmut, Dipl.-Ingenieur, Mannheim-Käfertal, Sonnenschein 17.
Kreinsen, Ernst, Ing., Schriesheim a. d. B., Am Branig.
v. Kremling, Kurt, Ing., Konstanz, Richentalstr. 169.
Kreuzer, Paul, Konstr., Mannheim-Käfertal, Schwalbenstr. 1b.
Krieger, Wilhelm, Dipl.-Ing., Mannheim, M 2. 10.
Kron, Heinz, Elektro-Ing., Fussgönheim (Pfalz), Brundstr. 57.
Krütfeldt, Peter, Dipl.-Ing., Ludwigshafen (Rh.), Auerstr. 9.
Kummier, Kurt, Ing., Ludwigshafen-Mundenheim, Drachenfelsstraße 21.
Kundel, Bernhard, Dipl.-Ing., Mannheim, Weylstr. 28.
Kunze, Ernst, Dipl.-Ing., Erberbach a. N., i. Fa. Brown, Boveri & Cie. AG., Erberbach a. Neckar.
Kunze, Ulrich, Dipl.-Ing., Weinheim a. d. B., Breitwieser Str. 32.

Langguth, H., Dipl.-Ing., Von der Heydt (Saar), Hauptstr. 9.
Langmantel, Kurt, stud. Ing., Ludwigshafen (Rhein), Scheffelstraße 9.
Lauer, Heinrich, Schönau bei Heidelberg, Gerstenackerstr. 9.
Leger, Friedrich, Dipl.-Ingenieur, Erberbach a. Neckar, König-Heinrich-Str. 22.
Lehlbach, Hermann, Elektro-Ing., Heidelberg, Bergheimer Str. 70.
Leidig, Ludwig, Ing., Viernheim, Erzbergerstr. 24.
Lewicki, Gerhard, Dipl.-Ing., Neustadt a. d. Weinstr., Waldstraße 61.
Liebenstein, Gustav, Dipl.-Ing., Dir., Frhr. v., Mannheim, Trifelsstr. 8.
Lindinger, Wolfgang, Elektro-Ing., Heidelberg, Ostl. Güteramtsstr. 13.
Loew, Heinz, Dipl.-Ing., Mannheim, Friedrich-Ebert-Str. 39.
Lopitzsch, K. H., Dipl.-Ingenieur, Heidelberg, Untere Neckarstraße 54.
Lotz, Paul, Ob.-Ing., Mannheim, Mollstr. 32.

Maack, Otto, Ing., Mannheim-Neustheim, Leibelstr. 17.
Mack, Hans Karl, Esslingen a. N., Hohenbühl 10.
Mair, Hans, Dipl.-Ing., Ludwigshafen (Rh.), Sternstr. 55.
Mathias, Joachim, Dipl.-Ing., Frankental (Pfalz), Westl. Ringstraße 19.

Mau, Heinrich, Dipl.-Ingenieur, Feudenheim, Wilhelmstr. 69.
Mayer, Adolf, Dr.-Ing., Großachsen a. d. Bergstr., Luisenstraße 113.
Mayer, August, Ing., Mannheim-Käfertal, Äußere Bogenstr. 4.
Mehnert, Erich, Elektro-Ing., Heidelberg-Kirchheim, Odenwaldstraße 7.
Meier, Otto, Ob.-Ing., Mannheim, Schwarzwaldstr. 68.
Meinhardt, Carl, Oberingenieur, Heidelberg, Blutschlitzstr. 4.
Meinhardt, Heinz, Dr.-Ing., Lampertheim (Hessen), Ringstr. 52.
Menrad, Kurt, Mannheim, Bellenstraße 32.
Merz, Karl, Dipl.-Ing., Mannheim-Käfertal-Süd, Obere Riedstraße 21.
Meyer-Delius, Heinrich, Dr.-Ing., Dir., Heidelberg-Schlierbach, Lindenried 4.
Miesner, E., Ob.-Ing., Lampertheim (Hessen), Ringstr. 38.
Minssen, Enno, Dipl.-Ing., Weinheim a. d. B., Breitwieserweg 36.
Modest, Josef, Ob.-Ing., Mannheim, Weidenstr. 16.
Mraczek, Bruno, Ob.-Ing., Mannheim, Eichendorffstr. 80.
Mühlich, Ferdinand, Elek.-Techn., Mannheim-Rheinau, Im Wirbel 196.
Müller, Anton, El.-Ing., Ludwigshafen (Rh.), Wöhlerstr. 10.
Müller, Ernst, Betr.-Ing., Mannheim-Neckarau, Plinaustr. 12.
Müller, Heinz, Dipl.-Ing., Dir., Kaiserslautern (Pfalz), E. W. Kaiserslautern.
Müller, Maximilian, Ob.-Ing., Oberbaurat, Mannheim-Ilvesheim, Uferstr. 1.
Müller-Kraenner, Wilhelm, Ing., Mannheim, Parkring 2 a.
Müller, Wilhelm, Elektro-Ing., St. Leon b. Heidelberg, Stefanstraße 4.
Müllner, Friedrich, Dr.-Ing., Mannheim-Feudenheim, Andreas-Hofer-Str. 59.
Müssli, Emil, Elektro-Ing., Neckargemünd, Mühlrain 13.

Nagel, Fritz, Ing., Mannheim-Neckarau, Wilhelm-Wundt-Str. 1.
Nahm, Franz, Ob.-Ing., Mannheim, Böcklinstr. 36.
Nentwig, Werner, Diplom-Ing., Mannheim - Wallstatt, Römerstraße 92.
Neubronner, D., Dipl.-Ing., Mannheim-Feudenheim, Scheffelstr. 83.
Neuenhofer, Karl, Dir., Dr.-Ing., Mannheim, Suckowstr. 4.
Nowag, Wilhelm, Dr.-Ing., Mannheim-Feudenheim, Brunnenpfad 27.

Oehlwin, Otto, Ob.-Ing., Oberbexbach (Saar), Hauptstr. 329.
Offerhaus, Albert, Ob.-Ing., Mannheim-Käfertal, Wachenheimer Straße 41.

Ohlhoff, Albert, Dipl.-Ing., Mannheim, Meerfeldstr. 78.
Orth, A., Ob.-Ing., Mannheim-Feudenheim, Hauptstr. 65.
Ostendorf, W., Dr.-Ing., Mannheim-Feudenheim, Andreas-Hofer-Str. 34.

Parschalk, Fritz, Dipl.-Ing., Heidelberg, Leimengrube 11.
Peter, Fritz, Ob.-Ing., Weinheim a. d. B., Prankelstr. 72.
Pfeiffer, Ernst, Dipl.-Ing., Birkenau i. Odenw., Hauptstr. 41.
Pfisterer, Hans, Dipl.-Ing., Weinheim, Oberer Sandweg 13.
Pfundstein, A., Ludwigshafen (Rhein), Maudacher Str. 113.
Platte, Fr., Ob.-Ing., Lampertheim (Hessen), Mannheimer Str. 8.
Plönn, Hans, Betriebs-Leiter, Eberbach a. Neck., Gartenstr. 6.
Preussler, Hermann, Dir., Dr.-Ing., Edingen b. Heidelberg, Heidelberger Str. 23.
Proestler, Rudolf, Mannheim, Lange Rötterstr. 52.

Quaiser, Ernst, Dipl.-Ing., Mannheim, Friedrich-Ebert-Str. 64.
Quintus, Peter N., Ober-Baurat, Mannheim, Luisenring 45 a.

Rahmann, Hans, Dipl.-Ing., Mannheim, i. Fa. Brown, Boveri & Cie., Abt. Afks., Mannheim-Käfertal.
Ranke, Fritz, Dipl.-Ing., Ludwigshafen (Rhein), Jahnstr. 39.
Restle, R., Ing., Arnsberg, Rumbecker Str. 87.
Richter, Bernd, Elektro-Techn., Neulussheim, Kornstr. 4.
Rieckert, Wolfram, cand. Ing., Ludwigshafen-Maudach, v. Kiefferstraße 3.
Rieger, Erich, Dipl.-Ing., Scheidt ü. Saarbrücken 2, Am Bartenberg 6.
Rihm, Leonhard, Konstr., Mannheim-Käfertal, Innere Wingertstraße 10 b.
Rinne, R., Diplom-Ing., Baurat, Mannheim, Trützschlerstr. 23.
Ritter, Emil, El.-Ing., Ludwigshafen (Rh.), Pfaustr. 16.
Rodewald, Werner, Diplom-Ing., Ober-Baurat a. d., Mannheim-Friedrichfeld, STEG-Lager.
Rottmann, Heinz, Dipl.-Ing., Mannheim-Käfertal, Kurze Mannheimer Str. 55.
Rzepka, R., Ob.-Ing., Mannheim-Neustheim, Böcklinstr. 42.

Sachs, Hans, Ob.-Ing., Schriesheim a. d. B., Bahnhofplatz 2.
Sattler, Ludwig, Ing., Lambrecht (Pfalz).
Sattler, Wilhelm, Konstr., Mannheim, Hermsheimer Str. 48.
Sauerbeck, Ulrich, Diplom-Ing., Viernheim (Hessen), Ketteler Straße 3.

Schachtner, Heinrich, Ober-Ing., Dir. i. Fa. Stotz-Kontakt-G. m. b. H., Heidelberg-Pfaffengrund.
 Schaefer, Josef, Dr. rer. nat., Mannheim, Neckarauer Str. 30.
 Schanz, August, Ob.-Ing., Mannheim-Käfertal, Habichtstr. 1.
 Scharff, Helmut, Dr.-Ing., Ludwigshafen (Rhein), Leuschnerstraße 38.
 Schlemann, H. G., Dipl.-Ing., Mannheim, Lange Rötterstr. 34.
 Schlemann, Erich, Ziv.-Ing., Mannheim, Lange Rötterstr. 34.
 Schifferdecker, Fritz, Konstruktor, Neckarhausen (Ladenburg), Hildastraße 26.
 Schilling, Karl, Heidelberg, Uferstraße 58.
 Schmalzriedt, Karl, Dipl.-Ing., Mannheim, Max-Josef-Str. 7.
 Schmidt, Willy, Dipl.-Ing., Mannheim-Feudenheim, Wilhelmstraße 76.
 Schmitt, Max, Ing., Schwetzingen (Baden), Karl-Theodor-Str. 9.
 Schmoll, Karl, Ing., Mannheim-Neckarau, Niederfeldweg III/12.
 Schneekloth, Jochim, Dipl.-Ing., Wiesloch (Baden), Hauptstr. 150.
 Schneider, Hans, Dr.-Ing., Ludwigshafen (Rhein), Friesenheimer Str. 96.
 Schneider, Hermann, Oppenheim (Rhein), Mainzer Str. 119.
 Schoeneck, Wilhelm, Ober-Ing., Bechtheim (Rheinhausen).
 Schöfer, Emil, Dir., Dipl.-Ing., Mannheim, Gutenbergstr. 13.
 Schraeder, Friedrich, Oberbaudir., Mannheim, Mollstr. 40.
 Schüssler, Rudolf, Elektro-Ing., Weinheim a. d. Bergstr., Gartenstraße 2.
 Schützeberg, Ludwig, Ing., Ludwigshafen-Oppau, Obersteinstraße 11.
 Schultz, H. E., Dipl.-Ing., Heidelberg, Zeppelinstr. 1.
 Schwaab, Hans, Dr.-Ing., Mannheim-Seckenheim, Offenburger Straße 16.
 Schwab, Erich, Elektro-Ing., Mannheim, Brentanostr. 48.
 Schwab, Theodor, Ob.-Ing., Mannheim, Im Lohr 49.
 Schwarz, P., Ob.-Ing., Mannheim, Mainstr. 57.
 Schwöbel, Fritz, Elektro-Ing., Mannheim-Käfertal, Bahnhofstraße 13.
 Seiberth, Hans, Dipl.-Phys., Dr., Ludwigshafen (Rh.), Erzbergerstraße 30.
 Siemer, Wilhelm, Diplom-Ing., Mannheim-Almendorf, Im Lohr 27.
 Sollberger, Hans, Dipl.-Ing., Mannheim, Brentanostr. 46.
 Spiegel, Walter, Mannheim, Garnisonstr. 20/III, bei Stock.
 Swoboda, Erich, Dipl.-Ing., Mannheim-Käfertal, Ladenburger Straße 3.
 Spenle, Alfons, Betr.-Ing., Mannheim-Käfertal, Boveristr. 30.

Stapf, Hermann, Mannheim, Zellstoffstraße 3.
 Stark, Valentin, Elektr., Mannheim, Höferstr. 23.
 Stechl, Math., Ob.-Ing., Prokurist, Ludwigshafen (Rhein), Bruckstraße 13.
 Stephan, Hans, Ing., Wiesloch, Gartenstr. 1 (Holzhaus).
 Storz, Josef, Ladenburg a. N., Luisenstr. 1.
 Stotzek, Lorenz, Dipl.-Ing., Mannheim, Schimperstr. 3.
 Striebel, Robert, Diplom-Ing., Mannheim-Neustadt, Böcklinstraße 32.
 Strobel, Reinhard, Ob.-Ing., Heidelberg, Schloßwolfsbrunnweg 20.
 Stumpf, Theo, Elektro-Ing., Ladenburg a. N., Wormser Str. 17.
 Sturm, Carl-Heinz, Dr.-Ing., Eberbach a. Neckar, Burgstr. 6.

Valerius, Albert, Ing., Mannheim, Schafweide 77.
 Voegelé, Josef, Ob.-Ing., Worms a. Rhein, Renzstr. 18.
 Völker, Georg, Mannheim, Hugo-Wolf-Str. 6.
 Voigt, Walter, Ing., Neckargemünd, Luisenstr. 10.
 Voss, Fritz, Ob.-Ing., Ilvesheim b. Mannheim, Haus am Kanal.

Wagner, Ludwig, Diplom-Ing., Mannheim, Meerwiesenstr. 33.
 Wagner, Richard, Elektro-Ing., Bad Kreuznach, Brückes 29.
 Waldern, Hugo, Ob.-Ing., Mannheim-Neustadt, Böcklinstr. 35.
 Warrelmann, S., Dipl.-Ing., Mannheim-Waldhof, Untere Riedstraße 48.
 Wasserrab, Theodor, Dr., Mannheim, Heinrich-Hoff-Str. 11.
 Watzinger, Heinrich, Dipl.-Ing., Mannheim, Waldparkstr. 31.
 Weber, Karl, Ob.-Ing., Heidelberg, Göthestr. 8.
 Weiler, Franz, Mont.-Inspektor, Mannheim, Im Lohr 13.
 Weinheimer, Rudolf, Dipl.-Ing., Eßlingen a. N., Plochingen Straße 105.
 Weiss, Otto, Ober-Ing., Ziegelhausen b. Heidelberg, Schulbergweg 19.
 Wermter, Alfons, Diplom-Ing., Weinheim a. d. B., Ehretstr. 1.
 Werner, Fritz, Dipl.-Ing., Mannheim, N. 4. 1.
 Wiese, H., Dipl.-Ing., Mannheim-Käfertal, Edenkobener Str. 8.
 Wiesner, Rudolf, Ing., Mannheim-Neckarau, Katharinenstraße 47.
 Willert, Hans, Diplom-Ing., Schwetzingen (Baden), Lindenstraße 16.
 Winkler, Rolf, Dipl.-Ing., Ludwigshafen (Rhein), Ebertstr. 30.
 Wirth, Gustav, Ob.-Ing., Mannheim, Niederfeldstr. 92.

Wittsack, Paul, Dr. phil. nat., Neckargemünd. bei Heidelberg, Friedrich-Ebert-Str. 49.
 Wolfarth, Otto, Ing., Mannheim, Langstr. 23/27.
 Wolz, Theo, Mannheim-Käfertal, Waldgrubenweg 20.
 Wörtche, Rudolf, Konstr., Mannheim, Werderstr. 18.

Ziegler, Fritz, Konstr., Hemsbach a. d. Bergstr., Schloßgasse 10.
 Zitsch, Heinz, Dipl.-Ing., Heidelberg, Hauptstr. 113.

Korporative Mitglieder

Aktiengesellschaft für Energiewirtschaft, Mannheim, Augustaanlage 32.
 Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Büro Mannheim, Mannheim N 7. 5.
 Brown, Boveri & Cie. Aktiengesellschaft, Mannheim-Käfertal.
 EMA Elektro-Maschinen A.-G. Schultze & Co., Hirschhorn am Neckar.
 Frankl & Kirchner Elektrizitäts-GmbH., Mannheim-Neckarau, Rheingoldstr. 48.
 Gewerbeschule I, Mannheim C 6.
 Großkraftwerk Mannheim AG., Mannheim-Neckarau.
 Heidelberger Straßen- und Bergbahn AG., Heidelberg, Friesenheimer Str. 4.
 Kraftanlagen AG., Heidelberg, Bismarckstr. 11.
 Oberrheinische Eisenbahn AG., Abt. Stromversorgung, Mannheim.
 Pfalzwerke AG., Ludwigshafen (Rhein), Bayernstr. 37.
 Rheinische Elektrizitäts-AG., Mannheim, Augusta-Anlage 32.
 Schäfer & Preller, Elektro-Großhandlung, Mannheim U 4. 4.
 Siemens & Halske AG. ZN Mannheim, Mannheim N 7. 18.
 Siemens-Schuckertwerke AG., ZN Mannheim, Mannheim N 7. 18.
 Städt. Ingenieurschule Mannheim, Mannheim, Meerfeldstr. 88.
 Städt. Werke Frankenthal, Frankenthal (Pfalz), Karl-Liebknecht-Straße 39.
 Stadtwerke Mannheim, Wasser-, Gas- und Elektrizitätswerk, Mannheim K 5.
 Stadtwerke Neustadt, Neustadt a. d. Weinstr., Vogelsangstr. 5.
 Stotz-Kontakt GmbH., Heidelberg.
 Stotz-Apparatebau GmbH., Eberbach a. Neckar.
 Süddeutsche Kabelwerke Mannheim, Mannheim, Waldhofstraße 244.
 Wallenstätter & Co. Elektrohaus, Mannheim N 4. 21.
 Zellstofffabrik, Werk Mannheim, Mannheim-Waldhof.

Elektrotechnischer Verein München e. V.

Geschäftsstelle: München 2, Blumenstr. 28, Telefon: 45 66/94 29, Postscheckkonto: München 91 705.

Vorsitzender: Zell, Cl., Dr.-Ing. e. h. Oberbaudirektor a. D., München-Pasing, Am Stadtpark 32.

stellv. Vorsitzender: Friedrich, A. H., Ob.-Ing., Dipl.-Ing., Siemens & Halske A.-G., München, Prannerstr. 15 a.

1. Schriftführer: Lynen, Gerh., Oberbaurat, Dipl.-Ing., Stadtwerke — Elektr. Werke —, München, Zweibrückenstr. 33 a.

2. Schriftführer: Dichtel, Const., Oberbaurat, Dipl.-Ing., Stadtwerke — El.-Werke —, München, Blumenstr. 28.

Kassenwart: v. Ammon, Gustav, Direktor, Dipl.-Ing., Amperwerke E. A. G., München, Sendlinger-Torplatz 11/III.

Bibliothekar u. Ordner: Brand, Fritz, Oberbauamtman a. D., München 12, Gollierstr. 3/III.

Beisitzer: Herzer, Georg, Oberpostrat, Dipl.-Ing., Oberpostdirektion München, Telegrafenamnt.
Knorr, Udo, Dr.-Ing., Ministerialrat, Staatsministerium des Innern, Oberste Baubehörde, München 13, Friedrichstr. 8—16.
Leininger, Heinrich, Direktor, Dipl.-Ing., Isarwerke G. m. b. H., Vorstand d. Verb. Bayer. Elektr. Werke, München 22, Rheinbergstr. 4, Ecke Ludwigstr. 8.
Nibler, Heinrich, Reichsbahndirektor, Dipl.-Ing., Reichsbahndirektion München.
Ossanna, Joh., Geheimrat Prof., Dr.-Ing., Technische Hochschule München.
Schönbrunn, Hans, Elektromeister, München.
Wipf, Friedrich, Abt.-Präs., Dipl.-Ing., Bayernwerk A.-G., München, Blumenburgstr. 6.

Absmeler, Georg, Mont.-Inspekt., München 19, Zum Künstlerhof 6/1.

von Ammon, Gustav, Dir. Techn. Vorst. Mitglied, München 23, Karl-Theodor-Str. 23.

Antretter, Josef, Betr.-Ltr., München 9, Martinstr. 20/0 r.

Appel, Ludwig, Oberprüfmeister, München 19, Heideckstr. 4/III.

Arnold, Ernst, Ing., München 5, Roedelplatz 7/III.

Artweger, Josef, Dipl.-Ing., München-Allach, Lautenschlägerstr. 3.

Arzmeier, Alfons, Ob.-Ing., München 22, Kanalstr. 2/II r.

Asam, Hubert, Betr.-Ltr., München 25, Valleyst. 4/I.

Aschenbrenner, Rudolf, Dipl.-Ing., Langenerling, Post Moosham.

Aulmann, Arnold, Labor-Ing., Weßling (Obb.), Herrschinger Straße 32.

Bäumel, Erwin, Ing., Baierbrunn 49 (Isartal).

Bairlein, Hans, Betr.-Ltr., Plan-negg, Pasinger Str. 22.

Bartenbacher, Rudolf, Betr.-Ltr., München-Pasing, Schleiffenstr. 3.

Barth, Raphael, Ing., München 15, Lindwurmstr. 217/I.

Bauder, H. G., München 42, Ro-senheimer Str. 181/I r.

Bauer, Karl, Prüfinspektor, München 9, Wendelsteinstr. 4/II r.

Bayer, Hans, Dipl.-Ing., München 8, Hochstr. 3.

Becker, Valentin, Ob.-Ing., Gauting b. München, Hangstr. 173.

Behaim, Eduard, Elektro-Ing., Starnberg (See), Perchastr. 6.

Behle, Gustav, Ing., München 22, Dianastr. 4/III 1.

Bendel, Hermann, Labor-Ing., München-Solln, Ziehrerstr. 10.

Bernett, Paul, Dr.-Ing., Direktor, München 13, Daimlerstr. 4./1.

Beyerle, Herbert, Dipl.-Ing., München-Solln., Pössenbacherstr. 9.

Biederstedt, Ulrich, Entwicklgs.-Ing., München-Solln., Hirschenstraße 30.

Böhm, Robert, Dr., Betr.-Leiter, Rosenheim (Obb.), Kufsteiner Straße 5.

Böhner, Hans, Ing., München 23, Viktoriastr. 7.

Böttlinger, Günther, Ober-Ing., Traunreuth, Kolpingstraße.

Bohlig, Ernst, Dipl.-Ing., Augsburg, Obere Lechdammstr. 51.

Born, Fritz, Ob.-Ing., München 25, Schaflachstr. 25/II.

Bosch, Karl, Ing., Dachau b. München, Schleißheimer Str. 60.

Brand, Fritz, Oberbauamtman, München 12, Gollierstr. 3/I.

Brandl, Josef, Betriebsführer, München 25, Hofmannstr. 19/II.

Brettschneider, Walter, Ing., München 22, Triftstr. 10/I 1.

Brunner, Heinrich, Dipl.-Ing., Feuchtwangen, Rothenburger Straße 395.

Buchmann, Ewald, Dr.-Ing., Ob.-Ing., München 23, Simmernstr. 3.

Buchner, Georg, Ob.-Ing., München 2, Prannerstr. 15/IV.

b. München, Sackgasse 2.

Christmann, Fritz, Betr.-Ing., Dachau b. München, Amperwerke 2.

Curtius, Ernst, Oberrat, München 60, Situlistr. 18.

Dabor, Max, Werkmeister, München 25, Ortenburgstr. 9/II.

von Dall'Armi, Fritz, Dipl.-Ing., München 38, Nördl. Auffahrtsallee 64.

Deitlhauser, Karl, Dr.-Ing., Dir., München 13, Habsburgerstraße 2/IV.

Demmler, Hans, Dipl.-Ing., Dr.-Ing., Augsburg, Heimgärtenweg 18.

Deventer, Josef, Betr.-Ing., Tö-ging a. Inn (Obb.), Eckehartstraße 1.

Dichtel, Constantin, Dipl.-Ing., Oberbaurat, München-Solln., Lerchenplatz 2.

Dietenhauser, Josef, Bauamtman, München 25, Isartalstr. 46/I.

Dietlmaier, Josef, Mont.-Ing., München 25, Rupert-Mayer-Straße 1/II 1.

Dietrich, Anton, Betr.-Ing., Karlsfeld b. München, Bayernwerk, Zentralverteil.

Dietz, Gustav, Ing., München 15, Rückertstr. 4/II.

Döderlein, Rolf, Ing., Waldruder-ring b. München, Sansibarstraße 25/I.

Döhla, Max, Dipl.-Ing., Ambach am Starnberger See.

Dragoni, Edler von Rabenhorst, August, Techn. Direktor, Haar b. München, Sackgasse 2.

- Eberle, Wilhelm, Dipl.-Ing., Johannsried 2, Post Rothkreuz b. Kempten (Allg.).
- Eberth, Hch., Dipl.-Ing., Karlsfeld, Post München-Allach, Dachauer Str. 2/c.
- Eickelmann, Georg, Prüfungs-Ass., München 54, Maria-Ward-Straße 118/III.
- Eigenmann, Ludwig, freiberufl. Ing., Bad Tölz, Wackersberg 140 1/2.
- Ely, Otto, Direktor, Traunstein (Obb.), Kolpingstr. 4.
- Enders, Erhard, Betr.-Dir., Dachau b. München, Amperwerke.
- Engelmann, Alfred, Dr.-Ing., Ob.-Ing., Dachau, Schleißheimer Straße 88a.
- Engl, Manfred, Dipl.-Ing., Karlsfeld b. München, Bayernwerk.
- Ensinger, Richard, Ob.-Ing., Lochham b. München, Gabriel-von-Seidl-Str. 19.
- Enzensberger, Hermann, Dir., München 8, Maria - Theresia-Straße 24.
- Ettl, Johann, techn. Angest., München 8, Höhenstadter Str. 42/0 r.
- Etzell, Franz, Ob.-Ing., München 25, Innerkoflerstr. 6.
- Fähr, Karl-Heinz, Techn., Baierbrunn-Buchenhain, Parkstr. 37.
- Fauner, Eugen, Bauverwalt. a. D., München 22, Thierschstr. 21/II l.
- Feigl, Herbert, Direktor, Dr., München 27, Friedrich-Herschel-Straße 17.
- Fischer, Hermann, Oberprüfmr., München 8, Kreillerstr. 49.
- Fischer, Johann, Werkmeister, München 25, Alfred-Schmidt-Straße 2/5.
- Fitz, Theodor, Dir. a. D., München 19, Prinzenstr. 10.
- Föhringer, Friedrich, Betr.-Ing., Neufinsing Nr. 128, Post Moosinning (Obb.).
- Francke, Fritz, selbst. Betriebsinhaber, München 25, Pognerstraße 23.
- Frankenstein, Günther, Dr.-Ing., München 8, Walpurgisstr. 9/0.
- Franzen, Joh. Fried., Dipl.-Ing., München 25, Forstenrieder Straße 132.
- Franzke, Alex, Mont.-Ing., München-Solln., Edelweißstr. 4.
- Frech, Alois, Montage-Ltr., München 54, Pasinger Str. 16 b.
- Freundt, Kurt, Ing., München 25, Lipowskystr. 8 III.
- Friedrich, August, Ob.-Ing., München-Großhadern, Altonastr. 4.
- Fries, Wilhelm, Ing., München 56, Auflegerstr. 11.
- Fuchs, Georg, Techn. Rev., Traunstein, Ludwig-Thoma-Str. 4.
- Fuchs, Hans, Prüf.-Ing., Pfaffenhofen (Ilm), Türliorstr. 8/1.
- Fuchs, Heinz, Dr., Vorstandsmiiglied der Rhein-Main-Donau A.-G., München 22, Thierschplatz 4 III.
- Fuchs, Ottmar, Dipl.-Ing., München 9, Elilandstr. 8/0.
- Führer, Franz, Dr.-Ing., städt. Baurat, München, 5, Frauenstraße 8/I.
- Gattung, Franz Xaver, Technischer Reichsbahn-Insp., München-Pasing, Am Stadtp. 46/II.
- Gaukler, Franz, Reise-Ing., München 13, Winzererstr. 93/II.
- Gecks, Fritz, Dr.-Ing., München 25, Forstenrieder Str. 174/II.
- Gelling, Fritz, Betr.-Ltr., Wolfartshausen, Schlederlohstr. 8.
- Geiselmann, Karl, Betr.-Inspekt., Karlsfeld bei München, Dachauer Str. 2/b.
- Gemeinhardt, Max, Betriebsinhaber, München - Geiselgasteig, Gabriel-von-Seidel-Str. 36.
- Georgii, Wilhelm, Bez.-Leiter, Karlsfeld b. Münch., Dachauer Straße 2/f.
- Gerlach, Arno, Ing., Neuaußing, Heinrichstr. 8.
- Giermann, Fritz, Ob.-Ing., München 42, Aldegreverstr. 28/III l.
- Gloeden, Gerhard, Dipl.-Ing., München 19, Minerviusstr. 10 II.
- Glück, Hellmut, Dipl.-Ing., Weilheim, Waisenhausstr. 18.
- Glunk, Ernst, Dir., Gauting b. München, Pippinstr. 6.
- Goetz, Ulrich, Betr.-Ing., Pullach, b. München, Badstr. 36 a.
- Gosner, Karl, Dipl.-Ing., Töging (Inn), Hauptstr. 73.
- Grießbach, David, Betr.-Ing., München 25, Tulpenweg 18/II.
- Grillmair, Ludwig, Ing., München 60, Am Blütenring 47.
- Gruber, Benedikt, München 15, Goethestr. 49/IV.
- Gsell, Hugo, Ing., München 8, Breisacher Str. 4/II l.
- Güllich, Adam, Insp., München 8, Lilienstr. 86 a III.
- Haag, Franz, München 8, Orleansstraße 53.
- Haberkorn, Karl, Elektro-Mont., München, 19, Volkartstr. 36/III.
- Hacks, Jakob, Dr., Physiker, Dachau, Neuängerstr. 5.
- Haeflner, Eduard, Diplom-Ing., Schafflach, Oberbayern.
- Haider, Gottfried, Betr.-Leiter, Miesbach, Karl-Fohr-Str. 3 a.
- Hallermeier, Josef, Elekt.-Mont., Rosenheim, Kufsteiner Str. 5 II.
- Hamm, Josef, techn. Insp., München 13, Herzogstr. 104/0.
- Hannes, Karl, Ob.-Ing., München-Obermenzing, Heerstr. 10.
- Happe, Gustav, Ob.-Ing., Nürnberg O, Emilienstr. 7/0.
- Hartlieb, Kurt, Ing., München-Solln., Diefenbachstr. 34.
- Hartmann, Walter, Dr. jur., Geschäftsführer, München - Solln, Paperitzstr. 6.
- Hartwagner, Ludwig, Dipl.-Ing., Ruhstorf-Rott Nr. 36 1/4.
- Haslauer, Josef, Dipl.-Ing., Abteilungsleiter, München-Pasing, Bodenstedtstr. 9.
- Hauck, Hans, Ob.-Ing., Karlsfeld bei München, Bayernwerk.
- Hebel, Martin, Dr.-Ing., Hechen-dorf, Seestr. 55.
- Heider, Richard, geschäftsführender Direktor, München 13, Hohenzollernstraße 110/IV.
- Heilmeyer, Siegfried, Ing., München 23, Berliner Str. 94/IV r.
- Henke, Johannes, Fernm.-Ing., München 25, Hirsch-Gereuth-Straße 25/I.
- Hergenröder, Herbert, Dipl.-Ing., München 15, Lindwurmstr. 147/4.
- Hermann, Jaroslav, Diplom-Ing., München 8, Walpurgisstr. 9 I.
- Hermann, Karl, Entwickl.-Ing., Augsburg, Kapuzinergasse 10.
- Herold, Heinrich, Techn. Rev., Pullach (München), Jaisersstr. 1.
- Herzer, Georg, Dipl.-Ing., Oberpoststrat, München 2, Dachauer Straße 27.
- Hesselberger, Franz, München 42, Agnes-Bernauer-Str. 50.
- Heß, Kurt, Student, München 5, Holzstr. 28/4.
- Heß, Werner, Murnau (Obb.), Am Stocket 321/3.
- Hetting, Immanuel, Betr.-Leiter, Burlafingen ü. Neu-Ulm, Bildweg.
- Heuser, Albert, Ing., München 23, Etschweg 2.
- Hilgner, Gerhard, Ing., Neu-keferloh, Post Vaterstetten, München-Land.
- Hindelang, Wilhelm, Dipl.-Ing., München 5, Erhardtstr. 8/0.
- Hinterholzer, Franz, München 27, Ismaninger Str. 58/0.
- Höck, Albert, Ing., München-Solln, Bertelesstr. 55.
- Höckinger, Anton, München 9, Armanseppstr. 5/I.
- Höfer, Rudolf, Ing., Dachau (München), Amperwerke.
- Hölzler, Erwin, Dr.-Ing., Lab.-Ltr., München 19, Winthirplatz 5.
- Hösl, Fridolin, Betr.-Ing., Miesbach, Rosenheimer Str. 3 1/2.
- Hofmann, Fritz, Dipl.-Ing., München 42, Aindorfer Str. 59.
- Hofmann, Wilhelm, Konstr., München 25, Zechstr. 6/0.
- Hohlwegler, Josef, Betr.-Techn., Pfaffenhofen (Ilm), Schießstättstraße 8.
- Holl, Paul, Dipl.-Ing., München 22, Adelgundenstr. 1/IV l.
- Holzwarth, Herbert, Labor-Ing., München 23, Kaiserplatz 10.
- Hornung, Paul, Ing., München 8, Steinstr. 77/IV.
- Hupf, Benedikt, Werkelekt., Egglfing am Inn.
- Hurler, Albert, Elektro-Ing., München 9, Welfenstr. 13 a/4.
- Israel, Bruno, Ing., München 23, Dietlindenstr. 16.
- Jacob, Ernst, Dr.-Ing., Töging a. Inn, Hauptstr. 66.
- Jakob, Konrad, Reg.-Baum., München-Pasing, Perlschneiderstr. 11.

Jahn, Gustav, Tettweis bei Pokking (Niederbayern).

Janak, Karl, Ob.-Ing., Burghausen (Obb.), Mittelterrasse 1.

Jansen, Bernhard, Dr.-Ing., Regensburg, Karl-Alexander-Straße 31.

Janzen, Siegfried, Ob.-Ing., Gräfelfing, Waldstr. 6a.

Jokusch, Hans, Chef-Ing., Haar b. München, Brandstr. 14.

Jüngling, Wolfgang, Regensburg, Roritzerstr. 8/0.

Kaempfel, Jakob, Bauverwalter, München 25, Pfeuferstr. 41/0 r.

Käufel, Alois, Gesch.-Inh., Landshut, Stettheimer Str. 1.

Kahnert, Bruno, München 13, Hohenzollernstr. 32/IV 1.

Kaiser, Rudolf, Ing., München 22, Emil-Riedel-Str. 2 IV.

Kallas, Hans, Werkdir., Burghausen (Salzach), Ludwigsberg 2.

Kallas, Hans jun., Dipl.-Ing., Burghausen (Salzach), Ludwigsberg 2.

Karges, Richard, Ing., München 5, Ickstattstr. 20 II r.

Karl, Georg, Ing., Regensburg, Nittenauer Str. 21/10.

Karrer, Otto, Ob.-Ing., München 38, Südl. Auffahrtsallee 68.

Kartelmeyer, Willi, Mont.-Ing., München 19, Karl-Schurz-Straße 1/III 1.

Kaspar, Arthur, Dir., Dipl.-Ing., München 19, Romanstr. 25.

Kasperowski, Ottomar, Dr.-Ing., Reichsbahn-Präsident, München 23, Rohmederstr. 19.

Katti, Christian, Techn. Direktor, Gräfelfing, Rottenbucherstr. 45.

von Keller, Theodor, Dr.-Ing., München 23, Ohmstr. 20/I.

Kilb, Ernst, Dr.-Ing., Reichsbahnrat, München-Pasing, Mühlhausenstr. 9.

Killi, Anton, Dipl.-Ing., Abt.-Präsident, München 19, Arnulfstraße 198/II.

Kirbach, Friedrich, Ing., Söcking üb. Starnberg.

Kirchner, Adolf, Prüfmeist., München 23, Scherzstr. 5.

Kirmes, Gustav, Ob.-Ing., München 49, Pöckinger Str. 6.

Kissel, Hans, Ing., Neufinsing, Post Moosinning (Obb.).

Klatte, Gerhard, Dipl.-Ing., München 19, Renatastr. 59.

Kleiber, Sigmund, Ing., München 25, Passauer Str. 120/I.

Klein, Gerhard, Dipl.-Ing., München 13, Elisabethstr. 31/IV.

Kneidl, Albin, Ing., Neufinsing, Post Moosinning.

Kneissl, Adolf, Ing., Kolbermoor, Karolinenhöhe 20.

Kneissl, Richard, Dir. i. R., Gräfelfing, Maria-Eich-Str. 68.

Kniese, Werner, Dipl.-Ing., Unterpfaffenhofen, Lerchenstr. 20.

Knorr, Udo, Dr.-Ing., Ministerialrat, München 13, Friedrichstr. 8.

Koch, Wilhelm, Direktor, München 22, Herzog-Rudolf-Str. 23.

Kölbl, Karl, Elektro-Ing., München 25, Hölderlinstr. 1/II.

Köller, Josef, Bez.-Mont., Rosenheim, Kufsteiner Str. 5.

Kopp, Hans, Dipl.-Ing., München 27, Ismaninger Str. 132/II.

Koppány, Herbert, Dipl.-Ing., München 5, Fliegenstr. 2 III.

Kornfeld, Walter, Ing., München-Obermenzing, Weidmannstr. 21.

Kraus, Günther, Ob.-Ing., Stadbergen bei Augsburg, Bismarckstraße 54/0.

Krauß, Otto, Ing., München 25, Mittenwalder Str. 50.

Krebs, Erhard, Phys., Augsburg, Morellstr. 13 1/2.

Kress, Johann, Techn., München 38, Hirschgartenallee 8/I.

Krieger, Heinrich, Betr.-Ing., Bad Tölz, Konradgasse 11.

Krines, Oskar, Dipl.-Ing., München 9, Edlingerstr. 18/0.

Kropp, Hermann, Dr., Konservator, München-Allach, Vesaliusstraße 29.

Kühn, Hans, Ing., München 25, Waldfriedhofstr. 14/I.

Kühnemann, Kurt, Ob.-Ing., München 22, Kaulbachstr. 31/I.

Kuhn, Fritz, Ing., Neufinsing, Post Moosinning.

Kunze, Helmut, Entwicklungsing., Dachau, Am Heideweg 31/I.

Laber, Peter, Ing., München-Neubau, Limesstr. 56/II.

Langer, Heinrich, Dr.-Ing., Karlsfeld b. München, Dachauer Straße 2 b.

Lautensach, Hans, Dipl.-Ing., Neufinsing 127, Post Moosinning.

Lederer, Georg, Ing., München-Allach, Lehelstr. 64.

Leichtle, Georg, Betr.-Ing., Schwabmünchen, Schießstattstraße 11.

Leininger, Heinrich, Dipl.-Ing., Dir., München 25, Oberländerstraße 16/I.

Leinthal, Josef, Techn., Landshut, Jägerstr. 484a.

Leonhardt, Hans, Ing., Schönaub. Berchtesgaden, Haus Drösse.

Leu, Alfred, Dr.-Ing., Abt.-Ltr., München 25, Hofmannstr. 51.

Liebscher, Gerhard, Ing., Kösching 25, Kr. Ingolstadt.

Liertz, Josef, Ob.-Ing., München 23, Kaiserstr. 71.

Lindner, Arno, Fabr., München-Solln., Diefenbachstr. 11.

Lindner, Gustav, Bauamtmann, München 19, Dachauer Str. 285/I.

Link, Franz, Ing., München 5, Westermühlstr. 27/II.

List, Anton Markus, Bayernwerk, A.-G., Starnberg a. See, Prinz-Karl-Str. 11.

Lockemann, Wilhelm, Ob.-Ing., Haar b. München, St.-Konrad-Straße 2.

Löscher, Walter, Mont.-Ing., München 19, Aiblingerstr. 4.

Loy, Hans, Elektromeister, München 19, Landshuter Allee 51.

Lück, Erwin, Btr.-Ltr., Neufinsing 132, Post Moosinning.

Lutz, August, Dipl.-Ing., Augsburg, Lessingstr. 23.

Lynen, Gerhard, Dipl.-Ing., Oberbaurat, München 19, Sophie-Stehle-Str. 6.

Machenschalk, Adolf, Techn., München-Obermenzing, Herzog-Johann-Str. 21.

Mäckel, Franz Josef, Dir., Augsburg, Gesundbrunnenstr. 5.

Maeser, Felix, Dir., München 27, Geibelstr. 8/0.

Mahlo, Heinz, Dr.-Ing., Saal a. d. Donau, Nr. 116.

Maier, Artur, Ober-Ing., München 8, Melusinenstr. 1 I r.

Maier, Josef, Ing., Holzkirchen, (Obb.), Roggendorfer Str. 13.

Maier, Karl J., Ing., München 22, Reitmorstr. 23.

Mally, Emil, Labor-Ing., München 25, Cimbarnstr. 47.

Mann, Fritz, Dir. i. R., Hohenlinden, Kr. Ebersberg.

Marquart, Fritz, Dipl.-Ing., Bonn (Rhein)-Duisdorf, Klosterstraße 1 a/II r.

Martin, Karl Ernst, Ob.-Ing., München 2, Olgastr. 9/III.

Matt, Georg, Mont.-Ing., München-Großhadern, Holzapfelkreuther Str. 14.

Mausch, Hans, Dir., Augsburg-Göggingen, Landgerichtstr. 2/I.

Mayr, Alois, Facharbeiter, Kempen/Allgäu, Burghaldegassee 25a.

Mayr, Johann, Ing., München 8, Breisacher Str. 1/III 1.

Mayr, Karl, Ing., München 19, Lampadiusstr. 32/IV.

Menge, Karl, Elektro-Oberwerkmeister, Burghausen (Obb.), Johannes-Heß-Str. 23.

Mersiowky, Hans, Lastverteiler, München-Pasing, Varnhagenstraße 43/I.

Messerer, Erich, Oberprüfmeister, München 9, Rotbuchenstr. 31/I r.

Mettenleiter, Franz, Ing., Eichenau b. München, Fasanenstraße 15.

Meyer, Hans, Ob.-Ing., München 13, Karl-Theodor-Str. 106.

Meyer, Hermann, Dipl.-Ing., München 9, Grünwalder Str. 150a.

Michaelis, Otto, Dipl.-Ing., Duisburg, Mainstr. 46.

Michel, Otto, Dipl.-Ing., Abt.-Präsid. i. R., München-Pasing, Würmstr. 3/I.

Miller, Josef, Elektro-Mstr., Neufinsing 128, Post Moosinning.

von Miller, Rudolf, Dipl.-Ing., Starnberg a. See, Niederpöcking Nr. 4.

- Mirbeth, Johann, Werkmeister, Pfrombach (Obb.), über Moosburg.
- Mitzel, Wilhelm, Ob.-Ing., Kaufbeuren, Schraderstr. 14.
- Modlinger, Richard, Dr.-Ing., Unterföhring 138.
- Mohr, Albert, Student, Gräfel-fing, Grosostr. 31.
- Mohr, Walter, Werkleit., Traunstein (Obb.), Kardinal-Faulhaber-Str. 21.
- Monn, Hanns Hugo, Dipl.-Ing., München 12 Ganghoferstr. 58/0.
- Moritz, Gerhard, Dipl.-Ing., München 19, Ysenburgstr. 7/0.
- Muck, Alwin, Betr.-Ltr., Utting, Ammersee, Hs.-Nr. 135.
- Mühle, Heinz, Dipl.-Ing., München 25, Lochhammer Str. 71 a.
- Müller, Harald, Student, München 15, Paul-Heyse-Str. 23/I.
- Müller, Josef, A., Oberbaurat, München-Grünwald, Schollstr. 19.
- Müller, Konrad, Ing., München-Solln., Hirschenstr. 10.
- Näpflein, Rudolf, Westheim b. Augsburg, Bahnstr. 10.
- Nebelung, Rudolf, Dipl.-Ing., Augsburg, Eberlestr. 18 b.
- Netzger, Albert, techn. Betriebs-leiter, Gräfel-fing, Steinkirchner Straße 27.
- Neuhäusler, Josef, Dipl.-Ing., Pfaffenhofen (Ilm), Ziegelstr. Siedlg.
- Nibler, Hch., Direkt. d. Bundes-bahn, München 23, Destouches-strasse 14/III.
- Nippert, Herbert, Dipl.-Ing., München-Pasing, Anton-Pichler-Straße 8.
- Nowack, Hermann, Elektro-Mstr., München 25, Pfeuferstr. 20/0 r.
- Ober, Josef, Techn., Rosenheim (Obb.), Kufsteiner Str. 5.
- Oberfichtner, Paul, Dipl.-Ing., Baurat, München 13, Agnes-strasse 15/II.
- Ossanna, Johann, Geh. Hofrat, Prof., Dr.-Ing. e. h., Mün-chen 23, Muffattstr. 4.
- Ott, Josef, selbst., München-Pasing, Villenkolonie 2, Num-bergerstr. 8.
- Otto, Hellmuth, Rb.-Insp., Mün-chen 38, Wotanstr. 36/II.
- Palm, Erwin, Eich-Insp., Mün-chen 38, Aubinger Str. 6/I.
- Paulus, Clemens, Oberbaurat i. R., Unterwössen b. Marquartstein Nr. 134.
- Pauly, Wolfgang, Beratend. Ing., Landshut, Niedermayrstr. 29.
- Penzkofer, Benno, Dipl.-Ing., München 9, Hohenschwangau-strasse 26/I.
- Petermann, Walter, Ing., Mün-chen 25, Forstenrieder Str. 170/0.
- Peters, Albert, Ministerialrat, Rosenheim, Luitpoldstr. 3.
- Petri, August, Direktor, Mün-chen 9, Lengmoostr. 3.
- Petri, Helmut, Dr.-Ing., Mün-chen 13, Agnesstr. 14.
- von Pfaler, Carl Erik, Dr.-Ing., München - Solln., Pössenbacher-strasse 7.
- Pfleiderer, Friedrich, Dr.-Ing., München-Solln., Hubertusstr. 14.
- Pietzsch, Werner, Dipl.-Ing., Mün-chen-Solln., Malerwinkel 4.
- Pillack, Herbert, Düsseldorf, Mett-manner Str. 51.
- Piloty Hans, Prof. Dr., Starnberg am See, Possenhofener Str. 49.
- Pilz, Herbert, Techn. Kfm., Mün-chen 15, Schubertstr. 8.
- Pinl, Franz, Projekt.-Ing., Mün-chen 23, Karl-Freitag-Str. 28.
- Pirsing, Willi, Fernm.-Ing., Mün-chen 25, Fürstenrieder Str. 285.
- Piskalla, Paul, Elektro-Ing., Tö-ging (Inn), Aventinstr. 20.
- Plattner, Hermann, Dipl.-Ing., Freilassing, Salzburger Str. 15.
- Pogrzeba, Claus, Dipl.-Ing., Mün-chen 23, Rohmederstr. 19/I.
- Pollmann, Franz, Dipl.-Ing., Mün-chen 27, Friedrich - Herschel-Straße 15.
- Pollmann, Fritz, Dipl.-Ing., Mün-chen 27, Friedrich - Herschel-Straße 15.
- Praschl, Otto, Elektro-Ing., Mün-chen 8, Breisacher Str. 142.
- Prinz, Hans, Prof., Dr.-Ing., Mün-chen 23, Belgradstr. 52/IV.
- Pröhl, Karlheinz, El.-Ing., Mün-chen 25, Feldafinger Str. 10.
- Puchner, Norbert, Abt.-Leiter, München-Solln., Heilmann-strasse 27.
- Putz, Reinhold, Dipl.-Ing., Mün-chen-Solln., Josefinenstr. 1.
- Rabus, Willy, Dr.-Ing., Neu-Ulm, Schulgasse 9.
- Rachinger, Fritz, Zähler-Revisor, Karlsfeld b. München, Dachauer Straße 2 d.
- Rackl, Anton, Ob.-Ing., Mün-chen 38, Schloß Nymphenburg, Eing. 70.
- Rainer, Klaus, Kfm. Bevollm., München 8, Auß. Prinzregenten-strasse 23/I.
- Ramin, Johann, Bez.-Monteur, Rosenheim (Obb.), Kufsteiner Straße 5.
- Randl, Josef, München 19, Ar-nulfstr. 174/I.
- Rappold, Johann, Bez.-Mont., Rosenheim (Obb.), Kufsteiner Straße 5.
- Rauch, August, Abt.-Präs. i. R., München 13, Agnestr. 36/III.
- Reichel, Rudolf, Ob.-Ing., Mün-chen-Aubing, Betzensteinstr. 4.
- Reinhart, Georg, Berat.-Ing., München-Solln., Heinrich-Vogl-Straße 17.
- Reiser, Roman, Betr.-Ingenieur, Kochel, Altjoch Hs. Nr. 457.
- Reithmayer, Oskar, Montage-In-spektor, Grönsdorf, Zugspitz-strasse 38.
- Richter, Erich, Techn. Sachbearb., München-Allach, Cimbarnstr. 37.
- Richter, Hans Joachim, Dipl.-Ing., München 19, Kratzerstr. 6.
- Richter, Herbert, Angestellter, München 22, Herzog-Rudolf-Straße 9/I.
- Richter, Rudolf, Angest., Dachau, August-Pfahl-Str. 11.
- Rid, Heribert, Dipl.-Ing., Ge-schäftsst.-Leiter, München 25, Pienzenauer Str. 12/I.
- Riedel, Richard, Dir., Geschäfts-Führer, München 19, Roman-strasse 25.
- Roecken, Bernd, Dr., Ober-Ing., München 2 BS, Prannerstr. 15.
- Römer, Heinrich, Dipl.-Ing., Mün-chen 19, Blücherstr. 4/IV.
- Rößler, Werner, Fabrikdir. a. D., Herrsching, Strittholzstr. 4.
- Roland, Heinrich, Dipl.-Ing., Traunstein (Obb.), Schnepfen-luckstr. 6.
- Roleder, Karl, Dipl.-Ing., Feld-kirchen b. München, Ottostr. 17.
- Rona, Emil, Dipl.-Ing., Ingolstadt (Donau) 2, Steinstr. 118.
- Rosenberg, Erich, Geschäftsführer, Dipl.-Ing., München, Petten-koferstr. 27 a I.
- Roßmaier, Viktor, Dr.-Ing., Re-denfelden, Post Altenmarkt, Rosenheim-Land.
- Roth, Adolf, Ober-Ingenieur, München 23, Kaiserstr. 13/III.
- Rücker, Franz, Ing., Traunstein b. Fr. Feichtner, Hohe Kreuz-strasse 1 II.
- Rückert, Heinrich, Ob.-Ingenieur, München 25, Innerkoflerstr. 38.
- Rudolph, Hans, Ober-Ingenieur, München-Solln., Schusterstr. 5.
- Rudolph, Hermann, selbst. Ing., Pocking (Ndb.), Passauer Str. 1.
- Rupfer, Georg, Elektro-Ingenieur, Peißenberg (Obb.), Sulzerstr. 7.
- Ruß, Richard, Dir., Freising, Mo-zartstr. 1.
- Sandner, Felix, Dipl.-Ing., Mün-chen 12, Ganghoferstr. 52/0.
- Saß, Adolf, Dipl.-Ing., München-Solln., Terlanerstr. 22/I.
- Saubert, Karl, Laborvorsteher, München 25, Boshetsrieder-strasse 4/II.
- Sauer, Hans, Karlsruhe (Baden), Luisenstr. 83.
- Schachtner, Willy, Abt.-Leiter, Dipl.-Ing., Töging (Inn), Haupt-strasse 95.
- Schäffler, Xaver, Ing., Heising b. Kempten (Allgäu).
- Schaffer, Ernst, Prüfamtsleiter, Pfaffenhofen (Ilm), Draht 13.
- Schafplitz, Karl, Betr.-Ltr., Weil-heim, Kirchmayerstr. 16.
- Schanda, Franz, Ing., München 54, Pasinger Str. 74/I.
- Scheffik, Leo, Betr.-Ing., Groß-hesselohe, Kreuzeckstr. 20.
- Schiffmann, Alois, Gesch.-Inh., Neu-Widdersberg, Post Seefeld (Obb.).
- Schillings, Gerd, techn. Leiter, Landshut (Bayern), Industrie-gelände, Postfach.

- Schindelin Walter, Dr.-Ing., München 9, Naupliastr. 91.
 Schindler, Georg, München 59, Jagdhornstr. 4.
 Schlaffer, August, Ing., Karlsfeld b. Mch., Dachauer Str. 2 f.
 Schlegel, Johannes, Dipl.-Ing., Augsburg, Theaterstr. 4.
 Schlierf, Emil, Ing., München 9, Steinachtalweg 5.
 Schloder, Otto, Reichsbahn i. R., Lochham b. München, Leiblstraße 25.
 Schlosser, Heinrich, fr. Generaldirektor, München 9, Brennerpaßstr. 6.
 Schmid, Fritz, Augsburg 2, Hermannstr. 5.
 Schmidhuber, Paul, Diplom-Ing., München - Pasing, Landsberger Straße 511.
 Schmitt, Bernhard, Student, München - Obermenzing, Schirmerweg 28.
 Schmitt, Ottobans, Dr.-Ing., München-Pasing, Schützweg 6.
 Schmitt jun., Pankraz, Elektrowerker, Attaching b. Freising.
 Schmitz, Theodor, München 15, Goethestr. 34, i. Fa. Klöckner-Moeller.
 Schmucker, Josef, Wasenach ü. Brohl (Rhd.), Hauptstr. 74.
 Schneider, Alexander, Dipl.-Ing., München-Obermenzing, Verdistr. 7/2.
 Schneider, Ernst, Dir., München 19, Dachauer Str. 140 b.
 Schneider, Wilhelm, Betr.-Ing., München 19, Nymphenburger Straße 213/I.
 Schneider, Wilhelm, Ober-Ing., Neufinsing 127, Post Moosinning.
 Schnell, Richard, Techn.-Angest., Dachau b. Mch., Amperwerke.
 Schöffel, Robert, Heining Nr. 7½, Post Schalding (Ndbayern).
 von Schoeler, Franz, Dipl.-Ing., Augsburg, Beethovenstr. 8/III r.
 Schönbrunn, Hans, Elektromeister, München 9, Grünwalder Str. 13.
 Schönhammer, Karl, München 27, Hompeschstr. 3.
 Schönmann, Ludwig, Zivil-Ing., München 8, Zaubzerstr. 36.
 Schrader, Paul, Betr.-Ltr., Hengersberg (Ndb.), Haus Promag.
 Schroeder, Otto, Reg.-Baurat, Dipl.-Ing., München 22, Widemayerstr. 23/II.
 Schropp, Friedrich, Elektro-Ing., Ronsberg (Allgäu).
 Schropp, Karl, Ing., München 15, Mathildenstr. 9 a.
 Schürer, Carl, München 22, Ottingenstr. 23/II r.
 Schultrich, Kurt, Dipl.-Ing., München 25, Banatstr. 3.
 Schumann, Winfried, o. Prof., Dr.-Ing., Wörnsmühl b. Miesbach.
 Schwald, Hans, Ing., München-Großhadern, Hopfzapfelkreuther Str. 32.
 Seiffert, Richard, Dipl.-Ing., Augsburg, Bahnhofstr. 26/IV.
 Seilmeier, Hans, Betriebsleiter, Kochel (Obb.), Altjoch 458.
 Seiß, Karl, Bauamtmann, München 42, Berchemstr. 83.
 Seiz, Walter, Prof. Dr., München, Hohenzollernstr. 146/0.
 Selbeck, Alois, Betr.-Ingenieur, München 25, Schäftlarnstraße 148/I r.
 Senger, Georg, Dipl.-Ing., Kempten (Allg.), Frühlingsstr. 3.
 Setzwein, Andreas, Stud., München 25, Oberländer Str. 21/III.
 Siebenlist, Franz, Betr.-Ltr., Freising, Königsfeldstr. 4/0.
 Sindel, Josef, techn. Vorstand, Landshut, Stettthaimer Str. 34.
 Sigmund, Alois, Ing., Markt Indersdorf 29, Kr. Dachau.
 Smetacek, Emil, Direktor, München 22, Maximilianstr. 9.
 Sorg, Erich, Dipl.-Ing., München-Solln., Heilmannstr. 4.
 Speiser, Anton, Dipl.-Ing., Kempten (Allg.), Freudental 11.
 Spieß, Erich, Ing., München 2, Nymphenburger Str. 19/III.
 von Staal, Wolfram, Vertreter, Thalkirchdorf (Allgäu), Kreis Sonthofen.
 Staraschek, Kurt, Diplom-Ing., Töging (Inn), Hauptstr. 65.
 Stärk, Alfons, Ziv.-Ing., Töging (Inn), Mühldorfer Str. 2.
 Stark, Wilhelm, Direkt., Töging (Inn), Hauptstr. 58.
 Steck, Alois, Ing., München 25, Forstenrieder Str. 170/0.
 Steinbauer, Wolfgang, Direktor, Dr.-Ing., München 12, Ganghoferstr. 56/I.
 Steinhauser, Ludwig, Dipl.-Ing., München 9, Königswarterstr. 20.
 von Stengel, Otto, Gräfelng b. München, Maria-Eich-Str. 84.
 Stern, Johann, Dir., Rosenheim, Max-Joseph-Platz 5/III.
 Sterner, Konrad, Min.-Rat a. D., München 15, Schubertstr. 4/II.
 Stiegler, Albert, Dir., Dachau b. München, Johann-Pflüger-Straße 10.
 Stöhr, Max, Dr., München 2 NW, Blumenburgstr. 59/II.
 Stritter, Friedrich, Dr., Oberstudienrat, Gräfelng bei München, Merowingerstr. 39.
 Strobl, Josef, Planungs-Ingenieur, München 42, Veit-Stoß-Str. 25/I.
 Thalinger, Paul, Ob.-Ingenieur, München-Solln., Konrad-Witz-Straße 5.
 Thilo, Georgians, Lab.-Vorst., München-Solln., Buchhirsstr. 18.
 Thoma, Max, selbst., München 42, Rushaimerstr. 87.
 Thon, Eckhart, Dr.-Ing., München-Solln., Gilgstr. 12.
 Torkos, Franz, Min.-Oberreg.-Rat a. D., München - Großhadern, Gaberlstr. 9/I.
 Trappe, Friedrich, Betr.-Ing., Aufkirchen bei Erding, Hs. Nr. 22.
 Trauboth, Erich, Ing., München-Solln., Hirschenstr. 20.
 Trawnik, Fritz, Direktor, Dipl.-Ing., Gräfelng b. München, Killerstr. 8.
 Troost, Albert, Proj.-Ing., Dachau (Obb.), Am Heideweg 4.
 Trübenbach, Hans, Gesch.-Inh., Murnau (Obb.), Kottmüllerstraße 33 f.
 Trummer, Emil, Bauamtm., München 25, Wessobrunner Platz 1.
 Vafiadis, Georg, Dr.-Ing., München 13, Isabellastr. 17/II r.
 Vatter, München 56, Auß. Rosenheimer Str. 34.
 Vierling, Otto Walter, Dipl.-Ing., Karlsfeld b. München, Dachauer Straße.
 Vieting, Albert, Dipl.-Ing., Deisenhofen Nr. 6¼ b. München.
 Vogel, Albert, Ob.-Ing., München 2, Rumfordstr. 39/I.
 Vogel, Theodor, Dr.-Ing., Präsident des Eisenbahn-Zentralamtes, München 12, Agnes-Bernauer-Str. 82/II.
 Vogt, Gottfried, Laborleiter, Dachau, Roßwachtstr. 12.
 Voith, Arnold Ernst, Ingenieur, Pullach, Gistlstr. 38.
 Wachs, Walter, Konstr., München 2, Gabrielenstr. 4/IV.
 Wacker, Hermann, Ing., Ebenhausen, Kreis Ingolstadt, Post Reichertshofen (Obb.).
 Walter, Fritz, Ing., München 8, Johannespl. 14.
 Weber, Erich, Ing., München-Pasing, Exterstr. 13.
 Weeber, Lambert, Neufinsing (Obb.), Post Moosinning.
 Wehner, Wilhelm, Ob.-Ing., Pfaffenhofen (Ilm), Schulstr. 13.
 Weidle, Kurt L., Angest., München 19, Volkartstr. 22 III.
 Weigert Anton, Ing., München 19, Dom-Pedro-Platz 1 a.
 Weindl, Georg, Werkst.-Leiter, München 25, Forstenrieder Straße 89/I.
 Weishaupt, Helmuth, Dipl.-Ing., Rosenheim (Obb.), Kufsteiner Straße 5.
 Weiß, Franz, Ing., München 22, Robert-Koch-Str. 1/II.
 Wertenson, Karl, Dir., Gräfelng b. München, Crawolfstr. 14.
 Weißbecher, Elmar, Betriebs-Ing., Karlsfeld, Dachauer Str. 2.
 Wetzer, Hermann, Pfronten (Allg.) G, Meilingen 226.
 Weyh, Otto, Ing., München 19, Gerner Str. 30.
 Wiedeke, Walter, Ob.-Ingenieur, München 25, Boschetsriederstraße 26/I.
 Wiedemann, Robert, Dir., Lochham b. München, Sämannstr. 23.
 Wiedemann, Theo, Dipl.-Ing., Traunstein, Kolpingstraße.
 Wieder, Alois, Ing., München 19, Lampadiusstr. 18/III.
 Wieland, Max, selbst. Ingenieur, Markt Grafing (Obb.), Bahnhofstraße 6.

Wieselhuber, Hugo, Dipl.-Ing., München 22, Tattenbachstr. 5.
Wild, Walter, Lab.-Vorst., München 9, Rotbuchenstr. 22.
Wipf, Friedrich, Abt.-Dir., Dipl.-Ing., München 23, Ansprengerstraße 8/I.
Wirschitz, Franz, Gesch.-Inh., München 13, Bauerstr. 28 II.
Wirth, Walter, Dipl.-Ing., München 27, Asgardstr. 22.
Wißkirchen, Anton, Proj.-Ing., München 15, Schwanthalerstraße 102.
Wilfmeyer, Karl, München, Blumenburgstr. 47/I.
Wöhr, Fritz, Dr.-Ing., München 8, Prinzregentenpl. 15/III.
Wölk, Artur, Betr.-Ing., Augsburg, Eserwellstr. 8.
Wolf, Alfons, Lab.-Ing., München 23, Rheinstr. 24/0.
Wolf, Leonhard, Dipl.-Ingenieur, Karlsfeld bei München, Dachauer Str. 2 e.
Wolff, Georg, Ober-Ing., München 38, Nornenstr. 7.
Wunderer, Karl, Dipl.-Ing., Baurat, München 23, Siegesstr. 14/I.
Wurzer, Ernst, Dipl.-Ing., Oberbaurat, München 27, Herzogparkstr. 3/II.
Zechendorff, Alfred, Ing., Nürnberg, Am Heidloffplatz 11.
Zell, Clemens, Dr.-Ing. e. h., Oberbaudirektor a. D., München-Pasing, Am Stadtpark 32.
Zettler, Alois, Dipl.-Ing., Oberbaurat, München 8, Zweibrückenstraße 33 a.

Zimmermann, Paul, Dipl.-Ing., Amberg (Opf.), Moritzstr. 26.
Zumbusch, Heinz, Dr., Physiker, München 42, Diesterwegstr. 4.

Korporative Mitglieder.

Aktiengesellschaft für Licht- u. Kraftversorgung, München 23, Mandlstr. 5.
Amperwerke, Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, München 2, Sendlinger-Tor-Platz 11/3.
Bayerische Elektrizitätswerke, München 23, Leopoldstr. 10.
Bayernwerk A.-G., München 2, Blumenburgstr. 6.
Elektrotechnisches Werk Fritz Driescher jr., Moosburg (Obb.).
Elektrophysikalisches Institut der Technischen Hochschule München, München 2, Walter-von-Dyck-Platz 1.
Isarwerke, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, München 2 BS, Schließfach 9.
Kraftwerke Haag A.-G., Haag i. Obb.
Lech-Elektrizitätswerke Aktiengesellschaft, Augsburg, Schätzerstr. 1 a.
Oberpostdirektion München, München 2 BZ, Arnulfstr. 60.
Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, München 13, Friedrichstraße 8-16.
Post- und fernmeldetechnisches Zentralamt des Vereinigten Wirtschaftsgebietes, Frankfurt/Main 2.

Rhein-Main-Donau Aktiengesellschaft, München 23, Leopoldstraße 28.

Sempt-Elektrizitäts-Werke Inh. Josefina Auer, Erding (Obb.).
Siemens & Halske Aktiengesellschaft, München 2, Wittelsbacher Platz 4.
Siemens-Schuckertwerke A.-G., Kleinbauwerk, Traunreuth.
Stadtwerke Augsburg, Augsburg, Frohsinnstr. 21.
Stadtwerke Bad Tölz, Bad Tölz.
Stadtwerke Regensburg, Abt. Elektrizitätswerk, Regensburg, Postschließfach 141.
Stadtwerke Rosenheim, Abt. Elektrizitätswerk, Rosenheim, Kufsteiner Str. 3 a.
Stadt. Werke Ingolstadt, Ingolstadt, Auf der Schanz 2.
Süddeutsche Kalkstickstoffwerke, Aktiengesellschaft, Trostberg, Alz (Obb.).
Technischer Überwachungsverein München, München 23, Kaiserstraße 14.
Überlandwerk Krumbach, Aktiengesellschaft, Krumbach (Schwab.), Bahnhofstr. 4.
Untere Iller A.-G., München 2, Blumenburgstr. 6.
Wendelstein-Bahn und -Hotel Aktiengesellschaft, Brannenburg (Obb.).
Wennenmühle Elektrizitäts- und Kunstmühlenwerke Eduard Schörger, Wennenmühle (Schwab.), Landkreis Nördlingen.

Verband Deutscher Elektrotechniker Bezirk Niederrhein

Geschäftsstelle: M.-Gladbach, Rubensstr. 37 a; Telefon: M.-Gladbach 72 24, Postscheckkonto: VDE Bezirk Niederrhein, Krefeld, Köln 50 253.
Vorsitzender: Markmiller, Georg, Obering., M.-Gladbach, Rubensstr. 37 a, Telefon: M.-Gladbach 72 24.
Schriftführer: Muthig, Jan, Dr., Ob.-Ing., Krefeld, Bismarckstr. 55, Telefon: Krefeld 26 387.
Kassenwart: Orthuber, Otto, Ob.-Ing., Rheydt, Wickrather Str. 199, Telefon: Rheydt 42 828.

Abel, Bernhard, Betriebsleiter, Dülken, Friedenstr. 5.
Beniers, Matthias, Dipl.-Ing., Krefeld, Siemenstr. 59.
Bitz, Josef, Direktor, Rheydt, Elektrizitätsstr. 35.
Blomerius, Robert, Ing., Rheydt, Dorfbroicher Str. 24.
Bretz, Erich, Ing., Lobberich, Breyeller Str. 107.
Brümmer, Theodor, Rev., Krefeld, Gutenbergstr. 219.
Brüser, Adolf, Dr.-Ing., Krefeld, Crousstr. 37.
Brungsberg, Heinrich, Konstr., Rheydt, Moltkestr. 34.
Casaretto, W., M.-Gladbach, Eickener Str. 135.
Conrad, Wilhelm, Ing., Krefeld, Schroerstr. 16.

van Dawen, E., Dipl.-Ingenieur, Uerdingen, Beethovenstr. 6.
Diensberg, Josef, Dipl.-Ing., Rheydt, Königstr. 97.
Dietzel, Wilhelm, Ing., München-Gladbach, Rheinstr. 32.
Dobmeyer, Edgar, Ing., Krefeld, Bismarckstr. 10.
Doll, Peter, Ing., Rheydt, Elektrizitätsstr. 30.
Dresen, Erich, Krefeld, Gutenbergstr. 123.
Erbel, Alfons, Dir., M.-Gladbach, Rubensstr. 6.
Ercklentz, Hans, Dipl.-Ing., M.-Gladbach, Hohenzollernstr. 164.
Feldges, Wilh., Abt.-Ltr., Rheydt, Vierhausstr. 6.
Fill, Wilh., Ob.-Ing., Willich, Martin-Riffarts-Str. 51.

Frenger, Heinrich, Dipl.-Ing., Krefeld, Tiergartenstr. 10.
Gehlen, Walter, Krefeld, Friedr.-Ebert-Str. 69.
Geraedts, A., Lobberich, Wevlinghover Str. 63.
Geraths, Raphael, Dipl.-Ing., Kevelaer, Egmontstr. 8.
Glahn, Ewald, Dipl.-Ing., München-Gladbach, Speicherstr. 30.
Gröters, Hans, Elektro-Ingenieur, Krefeld, Alexanderstr. 3.
Halbach, Kurt, Dr.-Ing., Rheydt, Elektrizitätsstr. 30.
Halbmeier, Friedrich, Dipl.-Ing., M.-Gladbach, Viersener Str. 368.
Hansen, Werner, Ing., M.-Gladbach, Abteistr. 42.
Heiliger, Hugo, Betr.-Ing., Mörs, Bahnhofstr. 29.

Helmuth, Josef, Insp., Rheydt,
Elektrizitätsstr. 35.
Hermkens, Heinz, El.-Meister,
Bracht, Alst. 39.
Jörg, Fritz, Ingenieur, Krefeld,
Dionysiusstr. 139.
de Jong, Peter, Ing., M.-Glad-
bach, Ohler 100.
Jurasek, Ludwig, Ob.-Ingenieur,
M.-Gladbach, Kaiserstr. 95.
Krahn, Anton, Dir., Waldmiel,
Gladbacher Str. 13.
Krause, Robert, Rheinhausen,
Bertholdstr. 2.
Külgen, Wilhelm, Dipl.-Ingenieur,
Viersen, Goetersstr. 20 f.
Kuhlen, Hans, Ing., Rheydt,
Gartenstr. 152.
Langefeld, Walter, Ing., Krefeld,
Krüllsdyk 93.
Lehmann, Karl, Techn., M.-Glad-
bach, Neußer Str. 143.
Less, Benno, Ing., Rheydt,
Krankenhausstr. 4.
Mackenberg, Engelbert, Ob.-Ing.,
Rheydt, Im Winkel 55.
Markmiller, Georg, Dipl.-Ing.,
M.-Gladbach, Rubensstr. 37 a.
Mertens, Fr.-Wilh., M.-Gladbach,
Wallstr. 3.
Meyer, Hans, Ingenieur, Krefeld,
Baackesweg 90.
Milde, Josef, Ingenieur, Krefeld,
Sprödenalstr. 50.
Mlody, Clemens, Ing., Viersen,
Heimbachstr. 5.
Müller, Leonhard, Ing., Krefeld,
Bismarckstr. 55.
Müller, Direktor, i. Fa. Wirth,
Erkelenz.

Muthig, Januarius, Dr.-Ing.,
Krefeld, Bismarckstr. 55.
Neuenhofer, Ad.-Josef, Ingenieur,
M.-Gladbach, Marktfeldstr. 30.
Ohrendorff, Erich, Elektro-Ing.,
Krefeld, Glockenspitze 43.
Orthuber, Otto, Dipl.-Ingenieur,
Rheydt, Freiheitsstr. 41.
Peters, Georg, M.-Gladbach,
Friedrichstr. 17.
Reinmuth, E., Uerdingen, Nieder-
straße 123.
Rockenbach, Ferd., Fabrikant,
Uerdingen, Duisburger Str. 54.
Rockenbach, Hans, Ing., Uerdin-
gen, Duisburger Str. 54.
Rösch, Helmut, Dipl.-Ing., Kel-
sterbach, Schöne Aussicht 3.
Rollwagen, Hans, Ob.-Ing.,
M.-Gladbach, Wallstr. 46.
Ryvers, Heinrich, Elektro-Mstr.,
Dülken, Hospitalstr. 45.
Scheufen, Jakob, Ing., Rheydt,
Hauptstr. 148.
Scheuss, Erich, Ing., Krefeld,
Kölner Str. 195.
Schiefer, Karl, Ing., M.-Glad-
bach, Alst. 185.
Schränk, Erwin, Ob.-Ing., Rheydt,
Schwalmstr. 206.
ter Schüren, Wilh., Ing., Krefeld,
Deutscher Ring 79.
Schwamborn, Willi, Ing., Rheydt,
Bunsenstr. 16.
Seibold, Thomas, Krefeld, Guten-
bergplatz 3.
von Seida, A., Krefeld, Hager-
weg 21.

Steffen, Gustav, Ing., Rheydt,
Blumenstr. 7—9.
Tillmanns, Hans, Rheydt, Ponger-
straße 11.
Trippel, Balduin, Betr.-Ing.,
Rheydt, Gasstr. 16.
Voigt, Johannes, Dipl.-Ing., Uer-
dingen, Wehrstr. 6.
Weiss, Eugen, Kamp-Lintfort,
Krümmerstr. 75.
Wieteki, Johann, Krefeld, Her-
bertstr. 61.
Wiglinghaus, Gustav, Dipl.-Ing.,
Krefeld, Kaiserstr. 45.
Wildermuth, Carl, Ing., Krefeld,
Goethestr. 103.
Wildermuth, Erich, Dipl.-Ing.,
Krefeld, Goethestr. 103.

Korporative Mitglieder

Driescher, Fritz, Fabrik., Rheydt,
Schwalmstr. 206.
Hegger, Gebr., Batterien- u. Ele-
menten-Werk, Lobberich, Weve-
linghovenstr. 84.
Kabelwerk Rheydt AG., Rheydt,
Bonnembroichstr. 2.
Kahrman, Robert, & Co., Lobbe-
rich (Rhld.).
Niederrh. Licht- u. Kraftwerke,
Rheydt.
Rhein. Elektro-Maschinenfabrik
GmbH., Krefeld, Blumenthal-
straße 102.
RWE, Krefeld, Preußenring 41.
Schorch-Werke AG., Rheydt.
Vorax-Gesellschaft, Bresges & Co.,
Rheydt, Dorfbroicher Str. 24.

Elektrotechnische Gesellschaft Nürnberg E. V.

im Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. (VDE)

Geschäftsstelle: Nürnberg, Sandrartstr. 30, Telefon: Nürnberg 49 71 (SSW) App. 631,
Postscheckkonto: Nürnberg 5134.

Vorsitzender: Strigel, Robert, Dr.-Ing., Nürnberg, Treitschkestr. 19.

stellv. Vorsitzender: Petersen, Wilhelm, Direktor, Nürnberg, Auß. Bayreuther Str. 80.

Schriftführer: Holtzheuer, Helmut, Elektr.-Ing., Nürnberg, Sandrartstr. 30.

Kassenwart: Hauser, Fritz, Elektrokfm., Nürnberg, Schillstr. 6.

Vortragsdezerment: Guillery, Paul, Dr. phil., Nürnberg, Urbanstr. 29.

Zweigstelle Erlangen der ETG-Nürnberg:

Zieten, Walter, Ob.-Ing., Erlangen, Schillerstr. 18.

Adam, Kurt, Elektro-Ing., Nürn-
berg, Sperlingstr. 5.
Adolph, Hermann, Dipl.-Ing., Er-
langen, Hindenburgstr. 8.
Auer, August, Elektro-Ing., Nürn-
berg, Kirchenstr. 23.
Bachmann, Walter, Physiker, Er-
langen, Hilpertstr. 3.
Backhaus, Karl, Dr.-Ing., Lauf
(Pegn.), Am Steg 14.
Badenhof, Fritz, Dipl.-Ing., Nürn-
berg, Tullnaustr. 52.
Bär, Josef, Elektro-Ing., Würz-
burg, Kapuzinerstr. 19.
Bail, Günther, Dr.-Ing., Nürn-
berg, Kontumazgarten 4.

Bartels, Lothar, Dipl.-Ing., Er-
langen, Rückertstr. 6.
Bartl, Klemens, Dipl.-Ing., Nürn-
berg, Sperlingstr. 19.
Bartlewski, Franz-Josef, Ob.-Ing.,
Erlangen, Luitpoldstr. 45.
Bathelt, Arthur, Ing., Erlangen,
Nürnbergstr. 150.
Bauch, Hans, Ing., Schwarzen-
bach (Wald), Hauptstr. 43.
Bauer, Adam, El.-Techn., Nürn-
berg, Wandererstr. 63.
Bauer, Alfred, Dipl.-Ing., Nürn-
berg, Auß. Bayreuther Str. 82.
Bauer, Hans, Elektro-Ing., Nürn-
berg, Leyherstr. 6.

Bauer, Helmut, Dr.-Ing., Erlangen,
Bohlenpl. 22.
Bauer, Karl, Dr., Nürnberg, Bur-
gundenstr. 14.
Bax, Adolf, Dipl.-Ing., Milano
(Italien), Via dei Caracci 7.
Beck, Wilhelm, El.-Ing., Nürn-
berg, Rieterstr. 12.
Beer, Hans, Werkleiter, Ing.,
Wunsiedel (Ofr.), Dr.-Schmidt-
Straße 6.
Beerbaum, Paul, Dipl.-Ing., Nürn-
berg, Bismarckstr. 7.
Behr, Hans-Georg, Fabrik., Bam-
berg, Kapellenstr. 28.
Bering, Theodor, Ing., Roth b.
Nürnberg, Stieberstr. 8.

- Bierer, Erwin, Dipl.-Ing., Nürnberg, Gugelstr. 124.
- Biller, Hilmar, Dipl.-Ing., Nürnberg, Holsteiner Str. 2.
- Bischoff, Kurt, Dipl.-Ing., Erlangen, Luitpoldstr. 56.
- Bitter, Gustav, Direktor, Rednitz-hembach b. Schwabach.
- Bösoldt, Friedrich, Diplom-Ing., Fürth i. Bay., Wilhelmstr. 4.
- Bothe, Werner, Dipl.-Ing., Nürnberg, Gabelsbergerstr. 19.
- Brauer, Alfred, Elektro-Ing., Hof (Saale), Auenweg 2.
- Brömme, Otto, Ing., Bamberg, Austr. 21.
- Bunzl-Gecmen, Franz, Ob.-Ing., Erlangen, Burgbergstr. 33.
- Burisch, Norbert, Dipl.-Ing., Innsbruck (Tirol), Colingasse 10.
- Burkhard, Leonhard, Nürnberg, Gostenhofer Hauptstr. 57.
- Crumbiegel, Ernst-Ludwig, Elektro-Ing., Zirndorf b. Nürnberg, Kriemhildstr. 8.
- Dantscher, Franz, Dipl.-Ing., Nürnberg, Nerzstr. 7.
- Datz, Hans, Elektro-Ing., Amberg (Obfr.), Batteriegasse 24.
- Dehn, Hans, Fabrikant, Nürnberg, Rennweg 13.
- Dehn, Richard, Ing., Neumarkt (Opf.), Oberer Markt 22.
- Dengler, F., Dr.-Ing., Direktor, Coburg, Ringstr. 2.
- Döring, Herbert, Dipl.-Ing., Erlangen, Reinhardtstr. 7.
- Dostler, Josef, Gew.-Ober-Baurat, Nürnberg, Rankestr. 38.
- Drabeck, Josef, Ob.-Ing., Nürnberg, Lödelstr. 12.
- Drehobl, Otto, Ing., Stein b. Nürnberg, Am Haselgraben 1.
- Drubig, Horst, Dipl.-Ing., Nürnberg, Humboldtstr. 90.
- Eberle, Otto, Dr.-Ing., Nürnberg, Bismarckstr. 62.
- Eckhardt, Georg, Dipl.-Ing., Nürnberg, Peyerstr. 36.
- Edler, Hans, Dr., Neuhaus b. Höchstädt (Aisch), Schloß.
- Eichner, Ulrich, El.-Ing., Nürnberg, Kleinreuther Weg 69.
- Eirich, Karl, Ing., Erlangen, Richard-Strauß-Str. 17.
- Ellenberger, Jakob, Ing., Altdorf b. Nürnberg, Hersbrucker Str. 400.
- Ellspermann, Eugen, Dipl.-Ing., Hof (Saale), Hermann - Löns-Straße 27.
- Elsner, Richard, Dr.-Ing., Nürnberg, Am Maxfeld 93 a.
- Englert, Heinrich, Ob.-Ing., Hof (Saale), Königstr. 12.
- Enke, Hermann, Ob.-Ing., Nürnberg, Rennweg 52 a.
- Erb, Theodor, Dipl.-Ing., Fürth i. Bay., Gabelsbergerstr. 6.
- Evanschitzky, Hans, Techn. Kfm., Feucht b. Nürnberg, Pfintzingstraße 455.
- Faßbender, Heinz, Prof. Dr., Erlangen, Ostl.Stadtmauerstr. 4.
- Feiertag, Leonhard, Baurat, Nürnberg, Jean-Paul-Platz 19.
- Fickert, Wilhelm, Dipl.-Ing., Nürnberg, Lödelstr. 16.
- Firmenich, Theo, Ing., Kitzingen (Main), Alte Burgstr. 2.
- Fleischhauer, Wilh., Dr.-Ing., Erlangen, Gebbertstr. 98.
- Fleisser, Heinrich, Dr., Ob.-Ing., Frankfurt (Main)-Schwanheim, Silcherstr. 39.
- Flögel, Ernst, Ing., Oberkotzau (Obfr.), Kautendorfstr. 459.
- Flor jun., Albert, Fabrikant, Nürnberg, Adamstr. 37.
- Forberger, Alois, Elektro-Ing., Steinheim Nr. 16, Kr. Neu-Ulm.
- Frey, Helmut, Dipl.-Ing., Bamberg, Maxplatz 1.
- Friemann, Carl, Direktor, Nürnberg, Frauenhoferstr. 3.
- Frieseke, Hans, Fabrikant, Erlangen-Bruck, Am Markt 11.
- Fürtsch, Wilhelm, Dipl.-Ing., Regensburg, Ostengasse 24.
- Funk, Gustav, Dr.-Ing., Erlangen, Pfälzer Str. 33.
- Gebhardt, Wilhelm, Ob.-Ing., Rudolphshof b. Lauf (Pegn.).
- Gehring, Werner, Dipl.-Ing., Erlangen, Bayreuther Str. 17.
- Geyler, Joachim, Ob.-Ing., Neustadt b. Coburg, Kriegergedächtnis-Siedlung 5.
- Gnade, Karlheinz, Ing., Schwabach, Südl. Ringstr. 16.
- Göschel, Heinz, Dr.-Ing., Erlangen, Schillerstr. 24.
- Gorn, Paul, Ob.-Ing., Stein b. Nürnberg, Knauppstr. 10.
- Graf, Herbert, Dipl.-Ing., Erlangen, Luitpoldstr. 45-47.
- Graßl, Josef, Ing., Nürnberg, Sperberstr. 97.
- Graw, Josef, Dr. phil., Nürnberg, Höfener Str. 87.
- Greil, Josef, Elektro-Ing., Erlangen, Luitpoldstr. 19.
- Greller, Max, Ober-Ing., Lauf (Pegn.), Marktplatz 7.
- Griese, Hans-Joachim, Dr.-Ing., Fürth i. Bay., Theaterstr. 17.
- Grimmer, Hans, Dipl.-Ing., Neuhaus b. Höchstädt (Aisch).
- Grobe, Gustav, Techn. Kfm., Nürnberg, Sulzbacher Str. 42.
- Grof, Franz, Dipl.-Ing., Bayreuth, Opernstr. 4.
- Grübel, Walter Heinz, Schweinfurt (Main), Hermann - Löns-Straße 26.
- Grünwald, Eduard, Ob.-Ingenieur, Nürnberg, Wielandstr. 18.
- Grunwald, Ernst, Dipl.-Ing., Erlangen, Pfälzer Str. 31.
- Guberth, Ernst, Dipl.-Ing., Behringersmühle (Obfr.), Nr. 35.
- Günther, Willy, Fabrikant, Nürnberg, Humboldtstr. 39.
- Guillery, Paul, Dr., Nürnberg, Urbanstr. 29.
- von Gundlach, August, Dipl.-Ing., Erlangen, Schubertstr. 7.
- Haag, Walter, Dipl.-Ing., Nürnberg, Voltastr. 42.
- Haase, Friedrich, Dipl.-Ing., Nürnberg, Krelingstr. 15.
- Habenstein, Hans, Dipl.-Ing., Nürnberg, Lödelstr. 10.
- Haberstroh, Adolf, Dr., Nürnberg, Komotauer Str. 22.
- Haenel, Hermann, Betr.-Ing., Nürnberg, Troststr. 5.
- Hänlein, Walter, Dr., Rathsb. ü. Erlangen Nr. 21.
- Häußler, Hans, Elektro-Ing., Nürnberg, Munkerstr. 7.
- Haier, Ulrich, Dipl.-Ing., Nürnberg, Markgrafenstr. 28.
- Hammon, Hans, El.-Ing., Nürnberg, Gebersdorfer Str. 190.
- Hartel, Walter, Dr.-Ing., Nürnberg, Peyerstr. 26.
- Hartung, Martin, Elektro-Ing., Dir. a. D., Bayreuth, Kulmbacher Str. 14.
- Hartz, Wilhelm, Elektro-Ing., Nürnberg, Markgrafenstr. 34.
- Hausenblas, Rudolf, Ing., Nürnberg, Schönberger Str. 4.
- Hauser, Fritz, Elektro-Kfm., Nürnberg, Schillstr. 6.
- Hausmann, Konrad, Dipl.-Ing., Nürnberg, Erhardstr. 15.
- Hecht, Alfred, Dr.-Ing., Wunsiedel (Obfr.), Egerstr. 46.
- Hegebarth, Willi, Ing., Nürnberg, Pfälzer Str. 12.
- Hegenbart, Fritz, Ing., Nürnberg, Fürther Str. 330.
- Heidner, Ernst, Ing., Ellwangen (Jagst), Goethestr. 8.
- Helmchen, Günter, Dr.-Ing., Nürnberg-Zabo, Schedelstr. 9.
- Hendrick, Walter, Ob.-Ingenieur, Würzburg, Turmgasse 9.
- Herrmann, Gottfried, Ing., Nürnberg, Reichenberger Str. 5.
- Herrmann, Heinrich, Dir., Nürnberg, Lindengasse 18.
- Heuberger, Karl, Ing., Bayreuth, Dammwäldchen 3.
- Hösel-Uhlig, Karl, Elektro-Ing., Hof (Saale), Graben 9.
- Holtzheuer, Helmut, Elektro-Ing., Nürnberg, Sandrartstr. 30.
- Holzheid, Hans, Elektro-Techn., Nürnberg, Gugelstr. 157.
- Honecker, Ernst, El.-Ing., Kreuzwertheim (Main).
- von Horn, Hans-Hellmuth, Dipl.-Ing., Nürnberg, Wodanstr. 22.
- Hübner, Werner, Neumarkt (Obpf.), Höhenberg i. Tal.
- Hurrie, Karl, Dipl.-Ing., Nürnberg, Wodanstr. 16.
- Huss, Hans, Dipl.-Ing., Direktor, Bamberg, Tränkgassee 4.
- Ibler, Hans, Ing., Nürnberg, Osterhausenstr. 4.
- von Issendorf, Jürgen, Dr. phil., Erlangen, Sieboldstr. 5.
- Itting jr., Franz, Dipl.-Ing., Ludwigstadt (Obfr.), Lauensteiner Straße 295.

- Jacobi, Helmut, Dipl.-Ing., Erlangen, Nürnberger Str. 86.
Jacobi, Walther, Dipl.-Ing., Nürnberg, Glockendonstr. 8.
Jaeschke, Hans E., Dr.-Ing. habil., Regensburg, Prebrunnallee 5.
- Kadur, Otto, Dipl.-Ing., Nürnberg, Odenberger Str. 45.
Kaempf, Peter, El.-Ing., Nürnberg, Pleydenwurfstr. 9.
Kalwat, Eduard, Ing., Nürnberg, Tiererstr. 70.
Kapeller, Heinrich, Ob.-Ing., Amberg (Obfr.), i. Hs. Bayernwerk A.-G.
Keller, Franz, Dr., Nürnberg, Haller Str. 19.
Keller, Sven, Dipl.-Ing., Nürnberg-Eibach, Motterstr. 44.
Kesselring, Th., Oberreg.-Baurat., Nürnberg, Lödelstr. 7.
Kielmann, Franz, Ob.-Ing., Nürnberg, Gudrunstr. 23.
Kleeberg, Hans, El.-Ing., Nürnberg, Flußstr. 25.
Kleffel, Wolfgang, Dipl.-Ing., Rupprechtstegen a. Pegn.
Klein, Walter, Ob.-Ing., Nürnberg, Nibelungenstr. 4.
Klimmer, Franz, Direktor, Nürnberg, Guntherstr. 49.
Kling, Karl, Ob.-Ing., Hof (Saale), Herm.-Löns-Str. 15.
Knausenberger, Wilhelm, Dipl.-Ing., Nürnberg, Guntherstr. 49.
Knühl, Helmut, Dipl.-Ing., Nürnberg, Ulmenstr. 9.
Koepper, Fred, Ob.-Ing., Bamberg, Hornthalstr. 17.
Koesche, Eugen, Ob.-Ing., Erlangen, Rathsbergerstr. 48.
Koeth, August, Elektro-Ing., Nürnberg, Max-Planck-Str. 22.
Kohlbeck, Alois, Reg.-Gewerbe- rat, Nürnberg, Dietrichstr. 7.
Konrad, Karl, Ing., Bayreuth, Alexanderstr. 2.
Krechel, Paul, Dipl.-Ing., Neustadt b. Coburg, Augustastr. 7.
Kröger, Wolf, Phys., Erlangen, Christian-Ernst-Str. 42.
Krönert, Jos., Dr. phys., Erlangen, Ostl. Stadtmauerstr. 28.
Kroll, Adolf, Dipl.-Ing., Erlangen, Bayreuther Str. 12.
Kühlenthal, Siegfried, El.-Ing., Winkels Nr. 17 b. Bad Kissing.
Kunert, Erwin, Ing., Tumiching, Post Innerzell (Ndby.).
Kunzmann, Friedrich, Elektro- Ing., Bayreuth, Glückstr. 12.
Kurlbaum, Georg, Direkt., Nürnberg, Schoppershofstr. 52-54.
Kury, Helmut, Dipl.-Ing., Nürnberg-Gartenstadt, Sonnenplatz 6.
- Langhaus, Walter, Ing., Nürnberg, Galvanistr. 21.
Lassmann, Eduard, Ob.-Ing., Erlangen, Richard-Strauß-Str. 9.
Lederer, Eugen, Dipl.-Ing., Dachelhofen Nr. 24 a, Post Schwandorf.
Ledwinka, Emil, El.-Ing., Nürnberg, Katzwanger Str. 86.
- Leider, Eberhard, Dipl.-Ing., Nürnberg, Kritzstr. 12.
Lenk, Helmut, Dr., Nürnberg-Reichelsdorf, Waldstromer Str. 49.
Leyhausen, Wilhelm, Fabrikant, Nürnberg, Bucher Str. 79.
Lindner, Hans-Joachim, Dr.-Ing., Bamberg, Lichtenhaidestr. 9.
Lingner, Otto, Dipl.-Ing., Nürnberg, Adamstr. 174.
Litter, Kurt, Elektro-Ing., Bayreuth, Ed.-Bayerlein-Str. 2 a.
Ludwig, Matthias, Ob.-Ingenieur, Weißenburg i. B., Augsburger Straße 90.
- Mader, Wilhelm, Dr.-Ing., Direktor, Roßtal b. Nürnberg, Nr. 303.
Maertens, Karl, Dr.-Ing., Erlangen, Spardorfer Str. 69.
Magnus, Gert, Dr.-Ing., Nürnberg, Wiesentalstr. 13.
Mahkorn, Richard, Dipl.-Ing., Erlangen, Wöhrstr. 3.
Maler, Friedrich, Dipl.-Ing., Erlangen, Hindenburgstr. 61.
Maison, Leo, Direktor, Erlangen, Bruckerstr. 33.
Mann, Franz-Josef, Dr., Erlangen-Neumühle 4.
Mauder, Albert, Techn. Kfm., Nürnberg, Kressenstr. 4.
Mauerer, Heinrich, Direkt., Bayreuth, Ed.-Bayerlein-Str. 2.
Maurer, Gregor, Ing., Selb (Obfr.), Friedrich-Ebert-Str. 56.
Maurer, Lothar, Dipl.-Ing., Nürnberg, Urbanstr. 22.
May, Wolff., Dipl.-Ing., Coburg (Obfr.), Theaterplatz 9.
Mayr, Alois, Dipl.-Ing., Erlangen, Glückstr. 4.
Mayr, Josef, Fabrikant, Erlangen-Uittenreuth 156.
zur Megede, Werner, Dr.-Ing., Erlangen, Zenkerstr. 32.
Meier, Karl, Dipl.-Ing., Kulmbach (Bay.), Festungsberg 22.
Memmert, Willi, Ing., Schwabach, Königsplatz 17.
Mertner, Fritz, Ing., Nürnberg, Ludwigstr. 79.
Meyer, Karl-Eberhardt, Dipl.-Ing., Erlangen, Neustädt. Kirchenplatz 4.
Mitlehner, Fritz, Dipl.-Ing., Erlangen, Schenkstr. 53.
Morich, Hermann, Ing., Erlangen, Henkestr. 78.
Morschel, Fritz, Ob.-Ing., Erlangen, Richard-Strauß-Str. 11.
Mruszek, Hans, Dipl.-Ing., Nürnberg, Kepplerstr. 9.
Mühleck, Alois, Elektro-Ing., Würzburg, Kirchbühlstr. 3.
Müller, A. Otto, Dipl.-Ing., Amberg (Obfr.), Kömmersbrucker Straße 1.
Müller, Eduard, Dipl.-Ing., Erlangen, Ostl. Stadtmauerstr. 30½.
Müller, Felix, Ing., Nürnberg, Ingostr. 8.
Müller, Georg, Ob.-Ing., Bamberg, Hallstadter Str. 52.
Müller, Peter, Ing., Nürnberg, Osterhausenstr. 4.
- Müller, Reinhard, Dipl.-Phys., Neunkirchen a. S. üb. Lauf a. Pegn.
Müller, Walter, Ing., Zirndorf b. Nürnberg, Kolbstr. 3.
Müssel, Kurt, Elektro-Ing., Nürnberg, Sandrartstr. 30.
Muschweck, Max, Dr., Direktor, Nürnberg, Nornenstr. 19.
- Nägele, Georg, Ing., Nürnberg, Fürther Str. 42.
Nechleba, Franz, Dr.-Ing., Nürnberg, Wurzelbauerstr. 24.
Netzs, Fritz, Ob.-Ing. i. R., Bad Steben (Obfr.), Hauptstr. 8.
Neuburger, Gustav, Betr.-Ing., Nürnberg, Solgerstr. 14.
Neugebauer, Hermann, Ob.-Ing., Nürnberg, Rennweg 52 a.
von Nordheim, Alfred, Techn. Kfm., Nürnberg, Dillherrstr. 2.
Nündel, Ulrich, Elektro-Techn., Nürnberg, Äußere Bayreuther Straße 33.
- Oeser, Willy, Dipl.-Ing., Fürth i. Bay., Karolinenstr. 16.
Orth, Paul, Dr.-Ing., Erlangen, Hindenburgstr. 84.
Ossanna, Hans, Dr.-Ing., Zirndorf, Nürnberger Str. 23.
Oswald, Karl, Dipl.-Ing., Lohr (Main), U.W.U.-Schalthaus (b. Arnold).
Ott, Friedrich, Ob.-Ing., Erlangen, Richard-Strauß-Str. 11.
- Parow, Günter, Elektro-Ing., Münnerstadt (Ufr.), Villa Maria.
Paßlack, Karl-Werner, Dipl.-Ing., Erlangen, Auf dem Berg 161/6.
Perkhammer, Josef, Ober-Ing., Nürnberg, Schafhofstr. 35.
Peters, Fritz, Betriebsleiter, Nürnberg, Landgrabenstr. 34.
Petersen, Wilh., Dir., Nürnberg, Auß. Bayreuther Str. 80.
Pflugmann, Fritz, Betr.-Ing., Nürnberg, Frankenstr. 151.
Plettner, Bernhard, Dipl.-Ing., Erlangen, Gabelsbergerstr. 15.
Pleyer, Karl Gg., Elektro-Ing., Regensburg, Kassiansplatz 4.
Pohlmann, Max, Ob.-Ing., Erlangen, Hofmannstr. 17.
Ponater, Gottlob, Rev.-Ing., Forchheim (Obfr.), Torstr. 19.
- Raab, Paul, Ing., Bamberg, Weißenburgstr. 61.
Räbel, Ludwig, Ing., Neustadt b. Coburg, Ketschenbacher Str. 35.
Raupach, Friedrich, Ober-Ing., Bamberg, Amalienstr. 7.
Rebhan, Josef, Dr.-Ing., Fürth i. Bay., Amalienstr. 51.
Reimer, Carl, Ing., Roth b. Nürnberg, Nürnberger Str. 25.
Reiske, Hans, Ob.-Ing., Nürnberg, Kaldreuther Str. 100.
Richter, Heinz, Dipl.-Ing., Nürnberg, Helmholtzstr. 17 b. Eichner.
Richter, Joachim, Physiker, Erlangen, Schuhstr. 27.
Riedl, Karl, Ing., Katzwang b. Schwabach (Mfr.).

Riegel, Heinrich, Elektro-Ing., Erlangen, Hertleinstr. 2.
 Römhild, Edgar, Dr.-Ing., Nürnberg, Guntherstr. 33.
 Rösch, Ernst, Ing., Nürnberg-Gebersdorf, Felsenstr. 40.
 Rösel, Josef, techn. Ang., Bayreuth, Carl-Schüller-Str. 56.
 Röthlingshöfer, Otto, Elektro-Ing., Nürnberg, Bismarckstr. 27.
 Rothenberger, Hans, Elektro-Ing., Nürnberg, Effeltricher Str. 20.
 Rühl, Manfred, Phys., Fürth i. Bay., Spiegelstr. 1.

Saugeon, Leo, Dipl.-Ing., Nürnberg-Reichelsdorf, Eichstätter Platz 22.

Schäfer, Wilhelm, Elektro-Ing., Kronach (Obfr.), Lukas-Cranach-Straße 60.

Scharstein, Ernst, Dr.-Ing., Nürnberg, Buchenschlag 153.

Schaudinn, Kurt, Dr.-Ing., Wunsiedel, Koppententorstr. 12.

Schirmer, Eugen, Dipl.-Ing., Nürnberg, Rennweg 52.

Schirmer, Kurt, Hf.-Ing., Nürnberg, Paumannstr. 18.

Schlägel, Heinrich, Ob.-Ing., Regensburg, An der Irrler Höhe 20.

Schlotmann, Wilh., Ob.-Ing., Erlangen, Halbmondstr. 2.

Schlump, Karl, Ob.-Ing., Nürnberg, Volbehrstr. 12.

Schmiedel, Hans-Joachim, Dr.-Ing., Madrid (Span.), Calle del Jarama 2.

Schmiedel, Karl, Dr.-Ing., Dir., Nürnberg, Am Maxfeld 93 a.

Schmid, Max, Dipl.-Ingenieur, Erlangen, Spardorfer Str. 48.

Schmidt, Rolf, Dipl.-Ing., Nürnberg, Guntherstr. 49.

Schmidt, Walter, El.-Ing., Nürnberg, Auß. Sulzbacher Str. 36.

Schmidthammer, Adolf, Fabrikant, Schwabach (Mfr.), Wittelsbacherstraße 9.

Schmitt, Wolfgang, Dipl.-Ing., Erlangen, Wilhelmstr. 2.

Schneider, Hans, Direktor, Selb (Obfr.), Kasinostr. 6.

Schönberg, Erdmann, Ingenieur, Schwaig b. Nürnberg, Tulpenweg 14.

Scholler, Heinrich, Ing., Nürnberg, Trierer Str. 146.

Schrems, Herbert, Dipl.-Ing., Nürnberg, Gibitzenhofstr. 61.

Schroebler, Werner, Elektro-Ing., Erlangen, Richterstr. 59.

Schrohe, Adam, Gewerbe-Baurat, Nürnberg, Kopernikusstr. 30.

Schuler, Karlheinz, Dipl.-Chem., Nürnberg, Herzog-Bernhard-Straße 122.

Schultheiß, Ernst, Dipl.-Ing., Nürnberg, Voltastr. 62.

Schulze-Schwanebrügge, Otto, Dipl.-Ing., Schweinfurt (M.), Postfach 54.

Schunack, Erich, Elektro-Ing., Coburg, Steinweglein 2.

Schwalger, Max, Ob.-Ing., Kempten (Allg.), Eberhardstr. 9.

Seethaler, Karl, Ob.-Ing., Erlangen, Richard-Strauß-Str. 21.

Seidel, Wilh., Dipl.-Ing., Nürnberg, Rennweg 52 a.

Senft, Georg, Dipl.-Ing., Nürnberg, Waldluststr. 111.

Sichling, Georg, Dr.-Ing., Fürth i. Bay., Lange Str. 36.

Siemens, Alfred, Dr.-Ing., Dir., Erlangen, Sieboldstr. 5.

Singer, Helmut, Dipl.-Ing., Baurat, Nürnberg, Guntherstr. 21.

Sollmann, Heinrich, Ober-Ing., Nürnberg, Mettingstr. 19.

Sparkuhle, Hans, Dipl.-Ing., Reg.-Baumstr., Nürnberg, Seb.-Heyden-Str. 7.

Sperling, Adalbert, Dr., Nürnberg, Markgrafenstr. 28.

Spitta, Albert, Dipl.-Ing., Erlangen, Spardorfer Str. 54.

Sterzel, Kurt, Dr.-Ing., Hof (Saale), Kulmbacher Str. 16.

Stöckl, Melchior, Dr., Nürnberg, Am Maxfeld 45.

Strigel, Robert, Dr.-Ing., Nürnberg, Treitschkestr. 19.

Strunz, Joh., Dipl.-Ing., Amberg (Obpf.), i. Hse. Bayernwerk A.-G.

Sturm, Gottfried, Dr. phil., Nürnberg, Hardenbergpl. 6.

Tauchen, Hans, Dipl.-Ing., Nürnberg, Prinzregentenaufer 3.

Tempel, Martin, Elektro-Ing., Bamberg, Pödeldorfer Str. 19.

Treu, Martin, Dr., Studienrat, Nürnberg, Arminiusstr. 5.

von Treufels, Horst, Dr.-Ing., Direktor, Selb (Bay.), Wittelsbacherstr. 45.

Uhmman, Emanuel, Elektro-Techn., Pegnitz (Obfr.), Hauptstr. 28.

Uhrmann, Alois, Dipl.-Ing., Neuburg (Donau), In der Münze A 37.

Uitting, Otto, Ob.-Ing., Erlangen, Schillerstr. 20.

Ulrich, Friedrich, Dipl.-Ing., Erlangen, Loschgestr. 9.

Veth, Alfons, Tel.-Insp., Nürnberg, Lotzestr. 27.

Vollmer, Wolf-Dietrich, Dipl.-Ing., Nürnberg-Gebersdorf, Felsenstr. 44.

Vomhof, Wolfgang, Dipl.-Ing., Erlangen, Nürnberger Str. 150.

Wächter, Otto, Direktor, Bamberg, Pödeldorfer Str. 86.

Walter, Karl, Dipl.-Ing., Erlangen, Nürnberger Str. 149.

Walter, Kurt, Dipl.-Ing., Nürnberg, Neunkirchner Str. 75.

Waurick, Gerh., Elektro-Ing., Johannesburg-Berea, O'Reilly Road 30, Südafrika.

Weckerlein, Adolf, Elektro-Ing., Nürnberg, Körnerstr. 93.

Wegener, Max, Dipl.-Ing., Johannesburg-Parkwood, 18 Dorset Road, Südafrika.

Weicker, Reinhold, Dr.-Ing., Hof (Saale), Lessingstr. 18.

Weilbach, Anton, Dipl.-Ing., Nürnberg, Ulmenstr. 10.

Weisensee, Wilhelm, Direktor, Nürnberg, Schillstr. 10.

Weitbrecht, Wolfgang, Dr.-Ing., Erlangen, Güterbahnhofstr. 1.

Werberger, Heinrich, Elektro-Ing., Nürnberg, Denisstr. 44.

Werner, Karl, Direktor, Nürnberg, Urbanstr. 25.

Wessel, Rudolf, Dipl.-Ing., Lültsfeld (Ufr.), Nr. 64.

Westermann, Walter, Ob.-Ing., Erlangen, Schuhstr. 29.

Westermeyer, Margareta, Dr.-Ing., Nürnberg, Bucher Str. 79.

Wettstein, Wilh., Dipl.-Ing., Nürnberg, Eckenstr. 51.

Wiemer, Ludwig, Ziv.-Ing., Bayreuth, Nibelungenstr. 12.

Wienhard, Alfons, Dr.-Ingenieur, Nürnberg, Nornenstr. 6.

Wilhelm, Karl, Dipl.-Ingenieur, Höchberg Nr. 52 b. Würzburg.

Wilhelms, Helmut, Dipl.-Ing., Erlangen, Burgbergstr. 41.

Wittenbeck, Hans, Elektro-Ing., Bayreuth, Anton-Bruckner-Str. 13.

Wöhner, Alfred, Techn. Kaufm., Mönchröden b. Coburg (Obfr.).

Wörner, Theodor, Dr., Nürnberg, Ob. Menterg. 1.

Wolff, Willy, Dr. phys., Nürnberg, Lindenaststr. 58.

Zabel, Rudolf, Elektro-Ingenieur, Hof (Saale), Kulmbacher Str. 61.

Zach, Anton, Elektro-Ing., Nürnberg, Waldluststr. 125.

Zähringer, Egon, Dipl.-Ing., Erlangen-Buckenhof, 75.

Zetler, Otto, Dr.-Ing., Nürnberg, Oskar-v.-Miller-Str. 46.

Zieten, Walter, Ob.-Ing., Erlangen, Schillerstr. 18.

Zimmermann, Hans, Dipl.-Ing., Nürnberg, Königshammer Straße 10.

Zimmermann, Rudolf, Fabrikant, Bamberg, Friedrichstr. 7.

Korporative Mitglieder

AEG; Fabrik für Elektrobehelzung, Nürnberg, Muggenhofer Straße 135.

Apparatebau Wilh. Heibl, Selbitz (Ofr.), Burgstr. 22.

Bader, Gebr., Elektro-Großhandlung, Nürnberg, Regensburger Straße 12.

Bayrische Elektrizitäts-Lieferungs-Gesellschaft A.-G., Bayreuth, Wölfelstr. 4.

Bayerische Elektrozubehör G. m. b. H. Elektrotechn. Spezialfabrik, Lauf (Pegnitz).

Bellmann & Co., Kunstharz-, Preß- u. Spritzwerk, Ansbach (Mfr.), Sedanstr. 53.

Energieversorgung Ostbayern A.-G., Regensburg, Prüfeningerstraße 20, Schließfach 120.

Fränkisches Überlandwerk A.-G., Nürnberg, Hainstr. 32.

Gemeinhardt, Max, Vertr. elektro-
techn. Erzeugnisse, Nürnberg,
Krugstr. 69.
Geyer K.-G., Christian, Nürn-
berg, Nimrodstr. 10—18.
Gossen & Co., P., Fabrik elektr.
Meßinstrumente, Erlangen, Nä-
gelsbachstr. 25.
Großkraftwerk Franken A.-G.,
Nürnberg, Nunnenbeckstr. 5.
Kabel- und Leitungswerke A.-G.,
Neustadt b. Coburg, Austr. 101.
Land-Elektrizitäts-Ges. m. b. H.,
Würzburg, Turmgasse 9.
**Landwirtschaftliche Überlandzen-
trale Ipsheim e. G. m. b. H.**,
Ipsheim (Mfr.) Nr. 53, 1/3.

**N. S. F. Nürnberger Schrauben-
fabrik u. Elektrowerk G.m.b.H.**,
Nürnberg, Fürther Str. 101a.
Oberpostdirektion Nürnberg,
Nürnberg, Bahnhofplatz 1.
**Ohm.-Polytechnikum, Staatl. Aka-
demie für angew. Technik**,
Nürnberg, Keßlerstr. 40.
Rudel, W., Elektro-Großhandlung,
Nürnberg, Gleißbühlstr. 4.
Rundfunk-Techn. Institut G.m.b.H.,
Nürnberg, Tillystr. 36.
Siemens-Reiniger-Werke A.-G.,
Erlangen, Luitpoldstr. 45—47.
Siemens-Schuckert-Werke A.-G.,
Nürnberger Werk, Nürnberg,
Landgrabenstr. 100.

Siemens-Schuckert-Werke A.-G.,
Transformatorenwerk, Nürnberg,
Katzwanger Str. 150.
Siemens-Schuckert-Werke A.-G.,
Zweigniederlassung Nürnberg,
Nürnberg, Rich.-Wagner-Platz 1.
Südd. Apparate-Fabrik G.m.b.H.,
Nürnberg, Platenstr. 66.
**Südd. Telefon-Apparate-, Kabel-
und Drahtwerke A.-G.**, Nürn-
berg, Nornenstr. 33.
Überlandwerk Oberfranken A.-G.,
Bamberg, Luitpoldstr. 51.
Überlandwerk Unterfranken A.-G.,
Würzburg, Wallgasse 4a.
Wittmann & Co., Georg, Fabrik
elektr. Apparate, Fürth am Berg
(über Coburg), Nr. 69.

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V. Bezirk Oldenburg

Geschäftsstelle: Oldenburg (Oldbg.), Werbachstr. 17, Telefon: 53 65, Bankkonto: Landes-
sparkasse in Oldenburg Kto. Nr. 52 279, Oldenburg, Filiale Heiligen-
geisttor.
Vorsitzender: Obermoser, K., Dr.-Ing., Oldenburg, Roggemannstr. 7, Telefon: 44 16.
stellv. Vorsitzender: Högner, W., Ing., Oldenburg, Heiligengeistwall 5, Telefon: 28 94.
Schriftführer: Standau, Curt, Dipl.-Ing., Oldenburg, Werbachstr. 17, Telefon: 53 65.
Kassenwart: Renken, F., Ing., Oldenburg, Graf-Dietrich-Str. 10, Telefon: 60 41
App. 236.

Becker, Hans, Dipl.-Ing., Olden-
burg, Roggemannstr. 7.
Behrens, Johann, Ing., Olden-
burg, Hamelmannstr. 20 I.
Beyersdorff, Wilh., Betr.-Ing.,
Leuchtenburg.
v. Biedenfeld, Freiherr, Hans, Ing.,
Varel, Friedrich-August-Str. 5.
Brand, Carl, Dipl.-Ing., Olden-
burg, Eike-v.-Repkow-Str. 38.
Brouer, Reinhold, Dr.-Ing., Olden-
burg, Roggemannstr. 6.

Draeger, Karl-Heinz, Ing., Olden-
burg, Gerichtstr. 17.
Franssen, Hans, Dir., Dipl.-Ing.,
Friederikenstr. 5.

Geisler, Karl-Heinz, Ing., Olden-
burg, Haareneschstr. 57.
Gossmann, Willy, Ing., Olden-
burg, Amalienstr. 11.

Hangen, Johann, Ing., Oldenburg,
Achterstr. 10.
Hartmeyer, Friedr., Dr.-Ing., Ol-
denburg, Würzburger Str. 29.
Hedemann, Fritz-Robert, Ing.,
Rastede, Knoopstr. 161 b. Liene-
mann.
Högner, Walther, Ing., Olden-
burg, Heiligengeistwall 5.
Horst, Ernst, Dr.-Ing., Meppen,
Waldstr. 13.

Kettelhake, Werner, Ober-Telegr.-
Insp., Oldenburg, Ziegelhof-
straße 88.

Kogelschatz, Otto, Dipl.-Ing., Ol-
denburg, Ellernbrok 17.
Konen, Bernhard, Dipl.-Ing., Va-
rel, Gartenstr. 18.

Lamoller, Richard, Brake (Unter-
weser), Oldenburger Heerstr. 1.
Lindeke, Ernst, Kaufm., Rastede,
An der Bleiche.
Lobeck, Josef, Ing., Papenburg,
Betlehem rechts 11.
Loy, Herrmann, Ober.-Ing. i. R.,
Oldenburg, Würzburger Str. 26.

Märker, Helmut, Ing., Oldenburg,
Cloppenburger Str. 149.
Mester, Hermann, Betr.-Ing., Del-
menhorst, Neue Straße 28.

Obermoser, Karl, Dr.-Ing., Olden-
burg, Roggemannstr. 7.

Podhaisky, Otto, Ing., Olden-
burg, Steinweg 17.

Renken, Fritz, Ing., Oldenburg,
Graf-Dietrich-Str. 10.

Sanders, Walter, Elektro-Geselle,
Oldenburg, Dragonerstr. 54.
Schellstede, Johann, Ing., Kre-
schen-Bokel, Post Augustfehn.
Schild, Wilhelm, Ing., Meppen
(Ems), Püntkers Patt 5.
Schmidt, Ottobald, Ing., Varel,
Oldenburger Str. 29.
Schneider, Emil, Ing., Oldenburg,
An den Voßbergen 4 a.
Schneider, Gerhard, Norden (Ost-
friesl.), Rosenweg 9 A.

Schneider, Karl-Heinz, Ind.-Kauf-
mann, Oldenburg, Industrie-
hof 2.

Schneider, Otto, Lehrling, Olden-
burg, Westerstr. 9.

Schuldei, Eugen, Ing., Prok., Ol-
denburg, Holzingerstr. 15.

Schumann, Hans, Konstr., Olden-
burg, An den Voßbergen 26.

Schütte, Karl, Ing., Norden (Ost-
friesland), Friesenstr. 34.

Standau, Curt, Dipl.-Ing., Olden-
burg, Werbachstr. 17.

Stratmann, Joseph, Betriebs-Ing.,
Oldenburg, Lothringer Str. 39.

Sundvalen, Thor, Ing., Olden-
burg, Donnerschweerstr. 49.

Thaden, Aribert, Zivil-Ing., Olden-
burg, Cloppenburger Str. 319.

Wawretschek, Herbert, Ing., Frie-
soythe, Kirenstr.

Weldemeyer, Friedr. Wilh., Elek-
tro-Ing., Brake (Unterweser),
Rönnelstr. 17.

Willers, Bruno, Ing., Oldenburg,
Bremer Str. 4.

Wittkorn, Heinz, Ing., Oldenburg,
Herrenweg 125.

Wittmer, Franz, Ing., Oldenburg,
Am Schießstand 15.

Korporative Mitglieder

**Energieversorgung, Weser-Ems
AG.**, Oldenburg, Donnerschweer-
straße 26.

Norddeutsche Seekabelwerke AG.
Nordenham.

Elektrotechnischer Verein Württemberg E. V.

Geschäftsstelle: Stuttgart-N., Lautenschlagerstr. 21, Telefon: 99 221, 92 441, Nebenst. 22 59, Postscheckkonto: Stuttgart 25 400, Girokonto 8858 bei der Württ. Landessparkasse Stuttgart, Girokonto 16 438 bei der Städt. Girokasse Stuttgart.

Vorsitzender: Pütz, Hubert, Direktor, Stuttgart-S., Wernhaldenstr. 15.

stellv. Vorsitzender: Schneider, Oskar, Dr.-Ing., Stuttgart-S., Mörikestr. 11

Schriftführer: Rayhrer, Gerhart, Dr., Direktor, Stuttgart-O., Fraasstr. 12.

Kassenwart: Friese, Hermann, Ob.-Ing., Stuttgart-W., Gaußstr. 120.

Bibliothekar: Wengler, Richard, Dipl.-Ing., Stuttgart-N., Sattlerstr. 6 A.

Ausschußmitglieder: Böhm, Bernhard, Oberreichsbahnrat, Stuttgart-N., Heilbronner Str. 7.
Bosch, Julius, Ob.-Ing., Stuttgart-W., Bebelstr. 48.
Eckstein, Oskar, Prof., Stuttgart-W., Reinsburgstr. 30.
Etzel, Kurt, Ob.-Ing., Stuttgart-W., Gustav-Siegle-Str. 16.
Feldtkeller, Richard, Prof., Dr., Stuttgart-N., Anzengruberstr. 28.
Rolli, Wendel, Dipl.-Ing., Stuttgart-Degerloch, Steinenbronner Str. 17.
Schlang, Franz, Direktor, Ulm a. D., Schulinstr. 16.
Schmidt, Willy, Direktor, Stuttgart-W., Gustav-Siegle-Str. 19.
Streich, Otto, Dipl.-Ing., Leinefelden-Oberaichen.
Wüst, Julius, Direktor, Tübingen, Derendinger Str. 49.

Rechnungsprüfer: Kuhn, Karl, Direktor, Geislingen (Steige), Parkstr. 7.
Wahlig, Julius, Direktor, Ellwangen (Jagst), Überlandwerk Jagstkreis.

Allmendiger, Karl, Elektro-Ing., Göppingen, Messelbergstr. 16.	Bergmann, Hans, Elektro-Ing., Stgt.-Sillenbach, Rankestr. 64.	Bosch, Walter, Ing., Stuttgart- Degerloch, Ob. Weinsteige 32.
Arnold, Gerhard, stud. el., Göp- pingen, Eugenstr. 30.	Berner, Alex., Elektro-Ing., Ulm (D.), Weißenburgweg 11.	Boucke, Heinz, Physiker, Betr.- Führer, Tübingen, Doblerstr. 10.
Arnold, Walter, Elektro-Ing., Schwäb. Hall, Unterlärpinger Straße 61.	Bernhard, Ottmar, Elektro-Ing., Reutlingen - Rommelsbach, Tü- binger Str. 127.	Brauberger, Paul, Ing., Dr.-Ing., Dipl.-Ing., Stuttgart 13, Albert- Schäffler-Str. 114.
Auer, Manfred, Dipl.-Ing., Stutt- gart, Rotebühlstr. 178.	Bertermann, Walter, Dipl.-Ing., Stuttgt.-Sillenbach, Fr.-Zundel- Straße 6.	Braun, Franz, Dipl.-Ing., Bad Cannstatt (Stuttgart), Zuckerle- weg 54.
Aumüller, Hans, Ing., Besigheim, Froschbergstr. 32.	Betz, Ernst, Ing., Stuttgart N., Wilhelm-Blos-Str. 48.	Brecht, Heinrich, Ing., Stuttgart- Möhringen, Im Alten Park 6.
Baatz, Herbert, Dr.-Ing., Ruit ü. Eßlingen a. N.	Bezner, Albert, Dipl.-Ing., Stgt.- Obertürkheim, Imweg 63.	Breitschwerdt, Eberhard, Dipl.- Ing., Stuttg. 13, Uhlbergstr. 16.
Backfisch, Richard, Elektro-Meist., Stuttgart N., Eduard-Pfeiffer- Straße 120.	Bihl, Konrad, Dipl.-Ing., Aalen, Schillerstr. 14.	Breitschwerdt, Erich, Diplom-Ing., Ludwigsburg, Marbacherstr. 13.
Bader, Wilhelm, Prof. Dr.-Ing., Stuttgart W, Herderstr. 2.	Bittelmeyer, Otto, Dipl.-Ing., Stuttgart-Kaltental, Engelbold- straße 113.	Breitschwerdt, Wilhelm, Ing., Stuttgart 13, Uhlbergstr. 20.
Bäder, Wilhelm, Fabrikant, Korn- westheim-Stgt., Bahnhofstr. 58.	Blättchen, Wilhelm, Ober-Ing., Stuttgart O, Heidehofstr. 2.	Breßmer, Willy, Ing., Stutt- gart S, Hauptstätter Str. 141.
Baldauf, Heunrich, Ing., Stutt- gart S, Sonnenbergstr. 7.	Blanz, Curt, Ing., Stuttgart 13, Libanonstr. 106.	Bretschneider, Ernst, Professor, Stuttgart O, Pfitzerstr. 10.
Banhart, Eugen, Elektro-Techn., Stuttgart 13, Neuffenstr. 5.	Bleicher, Erwin, Ing., Stuttgart- Feuerbach, Grazer Str. 11.	Bretschneider, Hans, Dipl.-Ing., Stuttgart - Feuerbach, Weilm- dorfer Str. 50.
Barton, Johannes, Elektro-Mstr., Stuttgart W, Schwabstr. 5.	Blochinger, Christian, El.-Ing., Balingen (Württb.), Stingstr. 1.	Bronner, Eugen, Ingenieur, Reut- lingen, Gartenstr. 3.
Bauer, Hermann, Prof., Dipl.- Ing., Obereßlingen, Landhaus- straße 28.	Blumenschein, August, Dipl.-Ing., Stuttgart W, Klopstockstr. 17.	Brust, Hans, Ing., Stuttgart W, Schwabstr. 163.
Baumann, Richard, Dipl.-Ing., Stuttgart N, Mönchhaldenstr. 129.	Boddenberg, Roland, Dußlingen (Württb.), Tübinger Str. 21 a.	Bühler, Reinhold, Elektro-Mstr., Böblingen, Waldburgstr. 37.
Bausch, Hermann, Elektro-Ing., Stuttgart S, Liststr. 59.	Boehm, Bernh., Dipl.-Ing., Ober- reichsbahnrat, Stuttgt. N, Heil- bronner Str. 7.	Bürger, Willy, Elektro-Ingenieur, Plochingen, Panoramastr. 18.
Bayha, Hans-Joachim, stud. el., Bad-Cannstatt (Stuttgart), Im Geiger 13.	Boehmler, Hugo, Ing., Ludwigs- burg, Hindenburgstr. 66.	Burger, Hermann, Ob.-Ingenieur, Stuttgart 13, Luisenplatz 3.
Becherer, Alfred, Dr.-Ing., Lud- wigshafen (Rh.), Jahnstr. 27.	Boehring, Robert, Ing., Stutt- gart W, Rötestr. 62.	Burghardt, Horst, Ing., Olden- burg, Münnichstr. 14, AEG.
Beck, Eugen, Ob.-Ing., Ohringen, Hindenburgstr. 24.	Bogotz, Alfred, Ing., Ludwigs- burg, Albrechtstr. 17.	Burgmaier, Hugo, Fabrikant, Schmiechen, Kr. Ehingen (D.).
Beck, Heinz, Elektro-Ing., Stgt.- Botnang, Brucknerstr. 15.	Boley, Helmut, stud. el., Bad Cannstatt (Stgt.), Dilleniusstr. 1.	Burkhardt, David, Ing., Blau- beuren, Mauergasse 5.
Becker, Paul, Ing., Heidenheim, Kastorstr. 42.	Bopp, Alfred, Ing., Heuchlingen, Kr. Schwäb.-Gmünd.	Burkhardt, Heinrich, Dir., Dipl.- Ing., Heilbronn, Wilhelmstr. 42.
Behmann, Friedrich, Ing., Stutt- gart S, Altenbergstr. 34.	Bosch, Hermann, stud. el., Stutt- gart W, Bebelstr. 48.	Burkhardt, Karl, Ing., Stuttgart- Vaihingen, Forststr. 34.
	Bosch, Julius, Ober-Ing., Stutt- gart W, Bebelstr. 48.	Burkhardt, Rudolf, Ing., Bad Cannstatt (Stgt.), Schönestr. 37.

- Butterweck, Walter, Ing., Bad Cannstatt (Stgt.), Bryestr. 16.
Butz, Eugen, Ing., Heilbronn, Hm. Salzwerkl. 8.
- Canaan, Hans, Dir.-Ing., Heidenheim, Enzstr. 1.
Carle, Albert, Ing., Ludwigsburg, Kärntnerstr. 29.
Conzelmann, Paul, Betr.-Leiter, Taillfingen (Württbg.), Goethestraße 87.
- Dachtler, Heinz, stud. Ing., Stgt.-Weilimdorf, Triegelackerstr. 8.
Darr, Christlan, Ober-Ing., Balingen, Steinenbühl 14.
Daub, August, El.-Meister, Taillfingen (Württ.), Schützenstr. 23.
David, Helmut, Ing., Ulm a. d. D., Reibergweg 17.
Dederer, Helmut, Dipl.-Ing., Eßlingen, Obere Beutaustr. 30.
Deblinger, Heinz, Ing., Stuttgart N, Feuerbacher Weg 97.
Delp, Wilhelm, Elektro-Mstr., Stuttgart S, Eierstr. 29.
Dengler, Robert, Ing., Ellwangen, Goethestr. 2.
Denner, Ernst, Ing., Bad Cannstatt (Stuttgart), Wiesbadener Straße 4.
Denzel, Paul, Dr.-Ing., Schussenried, Löwenstr. 13.
Deuring, Ernst, Dipl.-Ing., Stuttgart 13, Schellbergstr. 66.
Deuschle, Max, Elektro-Kaufm., Ludwigsburg, Vischerstr. 44.
Dierfeld, Günther, Dr. rer. techn., Backnang, Gerberstr. 33.
Dietz, Kurt, Dipl.-Ing., Stuttgart-Zuffenhausen, Rotweg 80.
Dittus, Karl, Dipl.-Ing., Göppingen, Hauptstr. 17.
Dölker, Hans, Dipl.-Ing., Ludwigsburg, Kurfürstenstr. 48.
Dohms, Otto, Ing., Stuttgart-Vaihingen, Katzenbachstr. 80.
Domhan, Karl, Dipl.-Ing., Kornthal b. Stuttgart, Ludwigsburger Straße 24.
Drexler, Gustav, Dipl.-Ing., Le Bruse (Var), La Citadelle Nr. 3.
Drilling, Walter, Ing., Stuttgart W, Rotebühlstr. 180.
Dröber, Wendelin, Ing., Eßlingen a. N., Alleenstr. 67.
Dürschnabel, Carl, Dipl.-Ing., Stuttg. W., Elisabethenstr. 30.
Dunkelmann, Carl, Ob.-Ingenieur, Stuttgart O, Staffenbergstr. 5.
Durm, Friedrich, Dipl.-Ing., Stuttgart 13, Metzlerweg 4.
Duve, Wilhelm, Werkmeister, Eßlingen-Krummenacker, Greuthweg 43.
Dzelskalejs, Karl, Dipl.-Ing., St. Paris/Ohio.
- Eberhardt, Hans, Dipl.-Ing., Biberach (Riß), Mittelbergstr. 19.
Ebering, Richard, Ob.-Ing., Fellbach, Kronprinzstr. 23.
Eberle, Otto, Dipl.-Ing., Bad Cannstatt (Stgt.), Schmidenerstraße 173.
- Eberspächer, Walter, Professor, Eßlingen a. N., Schloßwiesenweg 20.
Eble, Ulrich, stud. el., Bad Cannstatt (Stgt.), Nauheimer Str. 76.
Ecksteln, Oskar, Dipl.-Ing., Professor, Stuttgart-W., Reiburgstr. 30.
Edelmann, Alexander, Elektro-Install., Stuttgart W, Rosenbergstr. 99.
Ehnl, Georg, Ing., Metzingen, Schließfach 40.
Eickemeyer, Hellmut, Dir., Dipl.-Ing., Stuttgart O, Richard-Wagner-Straße 51.
Eilken, Hanns, Dr.-Ing., Dir., Heidenheim(Brenz), Stadtwerke.
Elsenmenger, Otto, Elektro-Ing., Stuttgt.-Feuerbach, Feuerbacher Weg 206.
Eislner, Fritz, Dipl.-Ing., Ulm a. d. D., Münchner Str. 2.
Ells, Carl-Aug., Dipl.-Ingenieur, Stuttgart 13, Bergstr. 10.
Elsässer, Herbert, Dipl.-Ing., Waiblingen, Uhländstr. 15.
Endrich, Paul, Elektro-Ing., Herrenberg, Erhardstr. 13.
Engler, Otto, Dir., Nürtingen, Beethovenstr. 9.
Eppler, Hermann, El., Balingen (Württ.).
Erbe, Otto, Feinmechan. Fabrik, Tübingen, Holzmarkt 7.
Erhard, Max, Ing., Stuttgart S, Tübinger Str. 19 b.
Ermel, Willy, Elektro-Ing., Eßlingen a. N., Ebershaldenstr. 11.
Espenschied, Helmut, Ing., Ludwigsburg, Vischerstr. 35.
Etzel, Kurt, Ober-Ing., Stuttgart W, Gustav-Siegle-Str. 16.
Etzel, Otto, Ing., Stuttgart S, Eberhardtstr. 10.
Euchner, Emil, Ob.-Ing., Stuttg.-Möhringen, Fleischhauerstr. 7.
Eyrich, Ronald, Elektro-Meister, Stuttgart O, Pfitzerstr. 11.
- Fahrbach, Adolf, Elektro-Mstr., Stuttgart W, Senefelderstr. 59 a.
Fehrer, Wilhelm, Techn., Oberndorf-Aistaig (Württ.), Kr. Rattweil, Oberndorfer Str. 1.
Fein, Hans, Dr.-Ing., Stuttgart W, Leuschnerstr. 50.
Feldikeiler, Rich., Prof., Dr.-Ing., Stuttgart N, Anzengruberstr. 28.
Fells, Alfons, Dipl.-Ing., Mühlacker, Pforzheimer Str. 50.
Fertig, Kurt, stud. el., Stuttgart S, Altenbergstr. 7.
Feucht, Ernst, Dipl.-Ing., Reg.-Gewerberat, Kornthal (Stgt.), Deckerstr. 22.
Fezer, Otto, Dipl.-Ing., Biberach (Riß), Bahnhofstr. 19.
Fies, Josef, Elektro-Ing., Ellwangen-Jagst, Schillerstr. 28.
Findkh, Bernh., Dipl.-Ing., Stuttgart, Libanonstr. 26.
Fischer, Eberhard, Ing., Oberndorf-Aistaig (Neck.), Haideackerstr. 240.
Fischer, Martin, Ob.-Ing., Stuttgart-Degerloch, Melittastr. 10.
- Fischer-Schlemm, Walter, Prof., Dr., Stuttgart-Hohenheim.
Flohr, Gustav, Techn.-Angest., Stuttg.-Münster, Weserstr. 23.
Frank, Karl, Ob.-Ing., Freudenstadt, Schwanenstr. 49.
Frank, Paul, Ober-Ing., Friedrichshafen, Paulinenstr. 65.
Frasch, Karl, Ing., Plochingen (N.), Kronenstr. 2.
Freisem, Erich, Dipl.-Ing., Bonn, Lannestr. 10.
Freund, Konrad, Techn., Trossingen (Württ.), Löhrstr. 45.
Frey, Hermann, Dipl.-Ing., Stuttgart W, Claudiusstr. 11.
Friedrich, Rudolf, Dir., Stuttgart-Vaihingen, Kaltentaler Str. 40.
Frlese, Hermann, Ob.-Ing., Stuttgart W, Gaußstr. 120.
Friese, Horst, stud. el., Stuttgart W, Gaußstr. 120.
Fritz, Willy, El.-Mstr., Degerloch (Stuttg.), Löwenstr. 4.
Fritz, Willy, Ing., Stuttgart W, Markelstr. 17.
Frizlen, Carl, Fabr.-Ing., Ludwigsburg, Wilhelmstr. 58.
Frondorf, Philipp, Elektro-Ing., Stuttg.-Sillenbuch, Kernblickstraße 23.
Fuchshuber, Adolf, Ing., Eßlingen (Fils), Hauptstr. 54.
Fuhlendorf, Walter, Ing., Bad Cannstatt (Stuttgart), Flandernstraße 3.
Funk, Joseph, Ing., Wasseraltingen, Karlstr. 18.
Furtwaengler, Erich, Dipl.-Ing., Biberach (Riß), Probststr. 35.
- Gabler, Erwin, Ing., Stuttgart W, Gutbrodstr. 44.
Gaiser, Walter, El.-Maschinenbauer, Stuttgart S, Tübinger Straße 17 a.
Gais, Willy, Ing., Ludwigsburg, Neckarstr. 2.
Ganz, Walter, Dipl.-Ing., Stgt.-Vaihingen, In der Schranne 11.
Gaukler, Carl, Elektro-Ingenieur, Weinsberg, Schillerstr. 7.
Gebhardt, Paul, Dipl.-Ing., Dir., Stuttgart N, Birkenwaldstr. 135.
Gelsweid, Roman, Dipl.-Ing., Stuttgart W, Reinsburgstr. 68 a.
Gengenbach, Otto, Dipl.-Ing., Sindelfingen, Tulpenstr. 3.
Gefmann, Wilhelm, Dipl.-Ing., Schluchtern b. Heilbronn.
Giesing, Albert, Dipl.-Ing., Tübingen, Ebertstr. 14.
Gloede, Kurt, Ober-Ing., Bad Cannstatt (Stuttg.), Waiblinger Straße 203.
Gneiding, Paul, Vertreter, El.-Ing., Stuttgart N, Mönchhaldenstraße 99.
Göbel, Edmund, Dipl.-Ing., Reg.-Bmstr., Degerloch (Stuttgart), Reginenstr. 63.
Göhre, Robert, Ing., Stuttgart N, Am Weißenhof 36.
Götz, Peter, El.-Mstr., Betr.-Leit. Ebingen, Matzmannstr. 37.

- Goll, Hans, El.-Ing., Geschäftsführ., Kuchen (Fils), Christophstraße 8.
- Graner, Hans, Prof., Stuttgart W, Zeppelinstr. 137.
- Gröner, Jakob, Dipl.-Ing., Stuttgart 13, Heuberger Str. 52.
- Grünig, Otto, Ob.-Ing., Stuttg.-Frauenkopf, Rosengartenstr. 12.
- Grünwald, Friedrich, Dipl.-Ing., Kirchheim (Teck), Bleichestr. 38.
- Gscheidle, Georg, Techn. R.B.-Inspektor, Stuttgart, Knollstr. 1.
- Gschwind, Wilhelm, cand. el., Geislingen, Hauptstr. 33.
- Gülch, Erwin, Dipl.-Ing., Stuttgart W, Zeppelinstr. 130 I.
- Gugel, Heinz, Elektro-Ing., Stuttgart W, Ludwigstr. 99.
- Gutekunst, Gustav, Elekt.-Mstr., Stuttgart-Feuerbach, Dornbirner Straße 19.
- Gutheil, Hans, Dr.-Ing., Unterkochen, Kollmannweg 18.
- Hachmann, Erwin, Dipl.-Ing., Stgt.-Degerloch, Keidelstr. 18.
- Härle, Eugen, Ing., Stuttgart-Vaihingen, Schubertstr. 5.
- Härlin, Walter, Ing., Stuttgart-Kaltental, Feldbergstr. 83.
- Häußler, Hans, Dipl.-Ing., Bibérad (Riß), Güterhallenstr. 7.
- Hafen, Otto, Dipl.-Ing., Stuttgart-Rohr, Obere Arturstr. 5.
- Hage, Alois, Betr.-Ltr., Mengen, Kr. Saulgau, Lindenstr. 55.
- Hagenmeyer, Anton, Ingenieur, Mühlacker, Im Mühlenhof 2.
- Hagen, Oskar, Ing., Stuttgart S, Olgastr. 42.
- Hald, Paul, Ob.-Ing., Stuttgart 13, Nonnenwaldstr. 32.
- Haller, Hermann, Dipl.-Ing., Stuttgart-Hedelfingen, Gärtnerstraße 31.
- Haller, Walter, Dipl.-Ingenieur, Schwenningen (N.), Mozartstraße 74.
- Hamann, Emil, Ing., Hattenhofen, Kr. Göppingen, Zellerstr. 57.
- Handgrättinger, Bernhard, Ing., Ulm (Donau), Wagnerstr. 97.
- Handrick, Erich, Ing., Backnang, AEG-Siedl., Block II, Weissacher Höhe.
- Harnisch, Alfred, Dr.-Ing., Stuttgart S, Alexanderstr. 32.
- Hartmann, Günter, Dipl.-Ing., Saarbrücken, Max-Braun-Straße 108.
- Hartmann, Kurt, Elektro-Ing., Tübingen-Lustnau, Denzenbergstraße 53.
- Hartmann, Wilh., Stuttgart W, Königstr. 82.
- Haug, Ernst, Ing., Freudenstadt, Tannenstr. 25.
- Haug, Hans, Ing., Stuttgart O, Bussenstr. 36.
- Haug, Julius, Ing., Reutlingen, Lederstr. 102.
- Heidenreich, Robert, Dipl.-Ing., Ebingen (Württ.), Sonnenstr. 96.
- Heidinger, Peter, stud. el., Stuttgart S, Hohenheimer Str. 58 a
- Heller, Werner, Ing., Leutenbach, Kr. Waiblingen.
- Henne, Karl, Elektro-Mstr., Bad Cannstatt, Martin-Luther-Str. 41.
- Henne, Karl, Dipl.-Ing., Ilsfeld, König-Wilhelm-Str. 35.
- Hennige, Carl, Ing., Stuttgart S, Panoramastr. 11.
- Henzerling, Carl M., Betr.-Ing., Affaltrach, Kr. Heilbronn a. N.
- Hermann, Adolf, Direkt., Herrenberg, Horberstr. 33.
- Hermann, Johann, Ing., Friedrichshafen, Bismarckstr. 1.
- Herrmann, Carl, techn. Kaufm., Stuttgart W, Reinsburgstr. 154.
- Herrmann, Karl, Dipl.-Ing., Kirchheim-Teck, Wilh.-Raabe-Str. 11.
- Herrmann, Otto, Elektro-Ing., Stuttgart W, Lenastr. 15.
- Hess, Heinrich, Dr. Prof., Welzheim, Murrhardter Str. 530.
- Hessenauer, Karl, Ing., Stuttgart N, Birkenwaldstr. 208.
- Heubach, Emil, Ing., Esslingen a. N., Küferstr. 36—38.
- Heyd, Otto, Ing., Stuttgart-Vaihingen, Schulstr. 31.
- Heyl, Otto, Dipl.-Ing., Stuttgart-Vaihingen, Parkstr. 29.
- Hilt, Alfred, Dipl.-Ing., Stuttgart-Sillenbuch, Oberwiesenstr. 22.
- Hirschel, René, Elektro-Ing., Stuttgart-Degerloch, Metzinger Str. 54.
- Hirscher, Peter, Elektro-Ing., Stuttgart S, Hohenheimer Str. 28.
- Höchtel, Franz, Dipl.-Ing., Stuttgart W, Schloßstr. 89.
- Hoegg, Josef, Dipl.-Ing., Saulgau, Hauptstr. 39.
- Hoehr, Egon, Ob.-Ing., Stuttgart-Feuerbach, Borsigstr. 24.
- Hoerster, Fritz, Elektro-Ing., Stuttgart 13, Nonnenwaldstr. 13.
- Hofholz, Walter, Elektro-Mont., Stuttgart, s. Mozartstr. 35.
- Hofmann, August, Direktor, Stuttgart W, Leibnizstr. 53.
- Hofmann, Werner, Dipl.-Ing., Stuttgart N, Helfferichstr. 18.
- Hofstetter, Arthur, Techn. Zeichn., Stuttgart S, Römerstr. 26.
- Hohenadel, Philipp, Elektro-Ing., Schwäb. Hall-Hessenthal, Oedenbühlsteige 283.
- Hohenemser, Fritz, Dipl.-Ing., Stuttgart, Am Kochenhof 78.
- Hollatz, Willy, Ing., Stuttgart, Danneckerstr. 28.
- Holzmer, Wilh., Ing., Stuttgart-Zuffenhausen, Zabergäustr. 27.
- Honold, Hans, Direktor, Schwäb. Hall, Grossag.
- Hopf, Herbert, Elektro-Inst., Stuttgart N, Forststr. 198.
- Horn, Josef, Reichsbahnamtmann, Herrenberg, Wilhelmstr. 5.
- Hosp, Leo, Ober-Ing., Stuttgart-Degerloch, Rienzstr. 9.
- Hugendubel, Max, Elektro-Ing., Stuttgart S, Zellerstr. 52.
- Hulik, Walter, Ing., Markgröningen (Württ.), Paulinenstr. 26.
- Hummel, Alexander, Elektro-Ing., Riedlingen a. D., Fabrik elektr. Heiz- und Kochapparate.
- Illenberger, Eugen, Direktor a. D., Oehringen (Württemberg).
- Ilion, Eugen, Dipl.-Ing., Stuttgart S, Alexanderstr. 147.
- Ischebeck, Wilh. Reg.-Baumeister, Stuttgart W, Leibnizstr. 83.
- Jaeger, Aug., Elektro-Ing., Stuttgart O, Alfredstr. 3.
- Jahnke, Erich, Dipl.-Ing., Stuttgart-Weilimdorf, Im Hirschgrund 28.
- Jarczyk, Karl, Ing., Bruchsal, Hardtstr. 3.
- Jasinski, Dan, Dipl.-Ing., Stuttgart O, Payerstr. 11.
- Jung, Karl, Betr.-Ltr., Stuttgart-Stammheim, Herzogstr. 16.
- Junken, Werner, stud. el., Stuttgart S, Tübinger Str. 51.
- Käthele, Georg, Elektro-Inst., Stuttgart 13, Ostendstr. 49.
- Kaehne, Rudolf, Dipl.-Ing., Stuttgart S, Mörikestr. 11.
- Kalsser, Carl, Elektro-Ing., Stuttgart W, Gaußstr. 70a.
- Kaiser, Gotthilf, Elektro-Meister, Stuttgart N, Seestr. 49.
- Kalkner, Bernhard, Dr.-Ing., Dir., Bad Cannstatt (Stgt.), Frankfurter Str. 32.
- Kaltenmark, Otto, Elektro-Ing., Tübingen, Moltkestr. 21.
- Karle, Berthold, Ing., Stuttgart S, Cottastr. 35.
- Kassler, Ewald, Ob.-Ing., Stuttgart W, Hohenstaufenstr. 21.
- Kayser, Erwin, Dipl.-Ing., Fellbach/Stuttgart, Freiligrathstr. 8.
- Kehr, Wilhelm, Dipl.-Ing., Stuttgart O, Landhausstr. 109.
- Keidel, Eberhard, Ob.-Ing., Eßlingen, Martinstr. 43.
- Keser, Fridolin, Ing., Stuttgart-Vaihingen, Böblinger Str. 24.
- Kiel, Adolf, Dipl.-Ing., Stuttgart 13, Farrenstr. 64.
- Kittler, Ludwig, Dipl.-Ing., Dir., Eßlingen, Sonnenhalde 7.
- Klein, Werner, Dipl.-Ing., Kornthal b. Stuttgart, Hindenburgstraße 61.
- Klett, Hermann, Ing., Eßlingen a. N., Pfaffstr. 23.
- Klinker, Johannes, Dipl.-Ing., Stuttgart S, Wannenstr. 37.
- Knäbler, Rudolf, Elektro-Inst., Stuttgart-Münster, Kinzigstr. 16.
- Knalsch, August, Ob.-Ing., Bad Cannstatt/Stuttgart, König-Karl-Straße 30.
- Knipper, Hans, El.-Ing., Stuttgart N, Herm.-Pleuer-Str. 21.
- Knödler, Karl, Betr.-Ing., Fellbach/Stuttgart, Falkenstr. 4.
- Koch, Albert, Elektro-Meister, Stuttgart S, Weissenburgstr. 33.
- Koch, Enno, Dipl.-Ing., Backnang, Aspacher Str. 6.
- Kögel, Karl, Dipl.-Ing., Ellwangen/Jagst, Überlandwerk Jagstkreis, Blumenstr. 13.
- Köhler, Ernst, Dipl.-Ing., Ludwigsburg, Jägerhofallee 85.

- Kölle, Gustav, Elektro-Meister, Stuttgart 13, Landhausstr. 195.
- Kohn, Richard, Dr.-Ing., Bad Liebenzell, Hindenburgstr. 47.
- Kohnle, Otto, Betr.-Ltr., Bühlerzell, Kreis Schwäbisch-Hall.
- Kolarov, Iwan, stud. el., Stuttgart W, Hasenbergstr. 54.
- Kolb, Paul, Dipl.-Ing., Eisenharz/Allg. (b. Isny).
- Kolster, Wilhelm, Ziv.-Ing., Großingersheim b. Bietigheim, Geisingerstraße.
- Konz, Otto, Dr.-Ing., Präsident, Stuttgart-Sonnenberg, Haldenwaldstr. 3.
- Krämer, Wilhelm, Dr.-Ing., Reg.-Baumstr., Stuttgart S, Neue Weinsteige 53.
- Kraft, August, Ing., Stuttgart N, Mönchhaldenstr. 31.
- Krause, Gerhard, Elektro-Ing., Tübingen-Derendingen, Lindenstraße 44.
- Krauss, Hermann, Elektro-Ing., Stuttgart-Stammheim, Kornwestheimer Str. 59.
- Krebs, Franz, Elektro-Ing., Bad Cannstatt (Stuttg.), Ebitzweg 50.
- Kreiser, Alfred, Elektro-Ing., Stgt.-Obertürkheim, Leutweinstraße 10.
- Krenkel, Helmut, Ing., Stuttgart, Schmieden, Cannstatter Str. 15.
- Krüber, Horst, Ing., Betr.-Leiter, Bad Cannstatt (Stuttg.) Schorn-dorfer Str. 6.
- Kroseberg, Rudolf, Dipl.-Ing., Stuttgart, Schließfach 181.
- Kübler, Erwin, Prof. Dr., Blaubeuern, Karlstr. 39.
- Küchler, Rudolf, Elektro-Ing., Stuttgart-Degerloch West, Straße 46 Nr. 4.
- Kühnel, Heinz, El.-Ing., Weilm-dorf, Goslarer Str. 20.
- Kühnle, Anton, Dipl.-Ing., Bad Teinach, Bahnhof.
- Kümmel, Ludwig, Ing., Giengen-Brenz, Mühlstr. 4.
- Kürschner, Emil, Ing., Stuttgart W, Schweglerweg 1.
- Kugler, Hans, Dipl.-Ing., Mülheim (Ruhr), Gießerstr. 33.
- Kuhn, Karl, Dir., Dipl.-Ing., Geislingen/Steige, Parkstr. 7.
- Kuom, Wilhelm, Dipl.-Ing., Korn-tal b. Stgt., Ditzinger Str. 32.
- Kuttenkeuler, Hans-Bert, stud. el., Stuttgart S, Böheimstr. 29.
- Läpple, Otto, Kaufm., Heilbronn, Wilhelmstr. 21.
- Lamm, Walter, Konstr., Stutt-gart 13, Pflasterackerstr. 84.
- Lang, Alfred, Dr.-Ing., Eßlingen a. N., Mettinger Str. 75.
- Lang, Franz, Dipl.-Ing., Ulm (Donau), Kramgasse 2.
- Lang, Gerhard, Dipl.-Ing., Schwäb.-Gmünd, Bürgerstr. 5.
- Langenkamp, Heinz, El.-Konstr., Stuttgart-Zuffenhausen, Hans-Sachs-Str. 10.
- Lauber, Walter, Betr.-Ltr., Sig-maringen, E.-Werk.
- Laun, Oskar, Dipl.-Ing., Stuttgart, Gunterstr. 3.
- Lawrenz, Ernst, Ing., Stuttgart, Zuffenhausen, Colmarer Str. 10.
- Lechler, Eugen, Ing., Stuttgart-Zuffenhausen, Cheruskerstr. 38.
- Lehr, Rudolf, Hochfrequenz Bau-u. Versuchsanstalt, Lenzkirch, im Schwarzwald.
- Leiner, Wolfgang, Dipl.-Ing., Stuttgart O, Sonnenbergstr. 72.
- Lemmert, Paul, Dipl.-Ing., Baurat, Stuttgart N, Wartbergstr. 22.
- Lennartz, Herbert, Physiker, Be-triebsführer, Tübingen, Blaue Brücke 14.
- Lenz, Hans, Ing., Lindau (B.), Auf der Mauer 27.
- Leonhard, Adolf, Prof. Dr.-Ing., Stuttgart-Sillenbuch, Eduard-Steinle-Str. 29.
- Leopold, Willi, Elektro-Ing., Calw (Schwarzwald), Schloßberg 7.
- Less, Benno, Ing., Stuttgart O, Neckarstr. 168 a.
- Lietz Gustav, Dipl.-Ing., Stuttgart, S. Mörikestr. 67.
- Limann, Otto, Ob.-Ing., Itters-bach über Karlsruhe.
- Linder, Richard, Elektro-Ing., Plochingen, Kronenstr. 7.
- Lingenfeller, Heinrich, Dipl.-Ing., Heidenheim/Brenz, Bühlstr. 41.
- Linse, Hermann, Dipl.-Ing., Bad Cannstatt (Stuttgart), Freilig-rathstr. 13.
- Loacker, Albert, Elektro-Techn., Betriebsführer, Bregenz, Römer-strasse 26.
- Löchmann, Hans, Betr.-Ing., Korn-westheim b. Stgt., Im Rosen-hag 20.
- Lotze, Hermann, Ob.-Ing., Lai-chingen (Wrtbg.), Bahnhofstr. 16.
- Lutz, Erwin, Elektro-Ing., Stutt-gart 13, Haussmannstr. 81.
- Mack, Josef, Dipl.-Ing., Rottweil, Höllgasse 3.
- Maier, Christian, Fabrik., Schwen-ningen, Lichtensteinstr. 7.
- Maier, Karl, Elektro-Ing., Eis-lingen (Fils), Stuttgarter Str. 9.
- Maier, Karl, Ing., Freudenstadt, Herrenfelder Str. 57.
- Maier, Karl, Zivil-Ing., Ulm a. d. D., Zinglerstr. 31.
- Maier, Theodor, Ing., Neu-Ulm a. d. D., Im Starkfeld 50.
- Mansfield, Herbert, Ing., Stutt-gart -Sillenbuch, Ed.-Steinle-Straße 17.
- Marquardt, P.-Hermann, Stutt-gart-Feuerbach, Klagenfurter-Straße 58.
- Martens, Heinz, Dipl.-Ing., Bibe-rach (Riss), Bahnhofstr. 19.
- Martin, Willy, Ing., Tuttlingen, Kreuzstr. 15.
- Marx, Karl, Elektro-Baumeister, Ulm a. d. D., Unterer Kuhberg 6.
- Marzini, Franz, Elektro-Meister, Göppingen, Spitalstr. 6.
- Massar, Ernst, Dr.-Ing., Stutt-gart S, Adlerstr. 52.
- Massler, Erwin, Dipl.-Ing., Ulm a. d. D., Münsterpl. 16.
- Mast, Max, Ing., Stuttgart, Bir-kenwaldstr. 103.
- Mauz, Paul, Ing., Horb, Neckar-strasse 65.
- Mayer, Erwin, Dipl.-Ing., Stutt-gart N, Kräherwald 253a.
- Mayländer, Heinz, Elektro-Inst., Stgt.-Degerloch, Löwenstr. 32.
- Meiler, Ingo, Dr. rer. techn., Stuttgart-Feuerbach, Kärntner Straße 45.
- Menner, Paul, Dipl.-Ing., Bad Cannstatt (Stuttgart), Erfurter Straße 3.
- Merkle, Willi, Ing., Reichenbach a. d. F.
- Merx, Josef, Techn., Göppingen, Alexanderstr. 12.
- Michel, Johann, Ing., Scheidegg i. Allg.
- Miller, Fritz, Dipl.-Ingenieur, Schwendi (Württ.).
- Möller, Herbert, Dipl.-Ing., Stutt-gart-Obertürkheim, Augsburger Straße 608.
- Mölter, Hugo, Dipl.-Ing., Vöh-ringen (Schwaben), Wieland-strasse 38.
- Mörike, Heinrich, Ing., Ober-lenningen-Teck, Heinrich-Scheu-felen-Platz 1.
- Motz, Konrad, Elektro-Ingenieur, Schramberg, Hauptstr. 31.
- Müller, Alfons, Ing., Heilbronn, Wilhelmstr. 42.
- Müller, Alfred, Ing., Göppingen, Karlstr. 109.
- Müller, Hans, Dipl.-Ing., Nürn-berg, Ulmer Str. 9.
- Müller, Heinz, Elektro-Ingenieur, Stuttgart 13, Schurwaldstr. 68.
- Müller, Kurt, Dipl.-Ing., Stutt-gart N, Wilh.-Blos-Str. 101.
- Müller, Robert, Ing., Schwäb. Hall, Unterlimpurger Str. 88.
- Mümpfer, Albert, Ing., Stuttgart W, Traubenstr. 52.
- Münch, Adolf, Elektro-Mech., Stuttgart O, Nüblingweg 10.
- Nagel, Georg, Elektro-Ing., Eß-lingen a. N., Katharinenstr. 7 a.
- Nanz, Emil, Elektro-Mstr., Stutt-gart 13, Im Buchwald 77.
- Napiwotzky, Fritz, Dipl. cand., Backnang (Württ.), Im Benz-wasen 26.
- Niedermann, Otto, Ing., Lud-wigsburg, Gartenstr. 11.
- Niehammer, Manfred, cand. el., Stuttgart-Feuerbach, Feuer-bachertalstr. 42.
- Niess, Eduard, Techn. Zeichner, Stuttgart-Münster, Moselstr. 92.
- Niethammer, Emil, Elektro-Ing., Stuttgart N, Birkenwaldstr. 94.
- Niethammer, Helmut, cand. el., Stuttgart, Birkenwaldstr. 94.
- Nimmrichter, Walther, Elektro-Ing., Berkheim, üb. Eßlingen a. N., Gartenstr. 17.
- Nötzold, Karl, Ing., Reutlingen, Gabelsbergerstr. 3.
- Nonnenmacher, Walter, stud. el., Stuttgart N, Schreiberstr. 25.

- Oberzlg, Bernhard, Elektro-Ing., Isny/Allgäu, Kanzleistr. 8.
Oelkers, Adolf, Betr.-Ing., Backnang, Friedhofstr. 10.
Ollgmüller, Heinrich, Ing., Wein-garten (Wttbg.), Sechserweg 9.
Opelt, Friedrich, Dipl.-Ing., Schmied- den über Fellbach, bei Stutt- gart, Wilhelmstr. 22.
Ortlieb, Alfred, Ing., Stuttgart- Vaihingen, Schmalestr. 15.
Ostertag, Konrad, Dr.-Ing., Stutt- gart-Degerloch, Kastanienweg 7.
Osterwald, Karl, Elektro-Ing., Herrenberg, Erhardtstr. 33.
Osterwald, Karl, Elektro-Techn., Rottenburg (N.), Urbanstr. 2.

Paul, Alfred, Ing., Esslingen- Mettingen, Rosenstr. 84.
Paul, Georg, Ing., Stuttgart-Weil- imdorf, Gernersheimer Str. 15.
Pfäffle, Robert, Fabr., Schwen- ningen (N.), Villinger Str. 33.
Pieil, Friedrich, Elektro-Mstr., Marbach (N.), Affalterbacher Straße 15.
Pfüster, Willy, Elektro-Ingenieur, Stuttgart S., Römerstr. 40.
Pfleiderer, Hermann, Elektro- Ing., Reutlingen, Bismarck- straße 101.
Pflüger, Ludwig, Ing., Ulm a. d. Donau, Strassenburgweg 2.
Pillstel, Fritz, Ing., Stuttgart-Bad Cannstatt, Aachener Str. 30.
Pinkenburg, Wilhelm, Ing., Ulm a. d. Donau, Ulrichstr. 9.
Pitt, Joachim, Elektro-Ing., Ess- lingen (Neckar), Alleenstr. 68.
Pöllot, Otto Erich, Dr.-Ing., Stuttgart, Am Weißenhof 34.
Polligkeit, Rud., Ing., Eßlingen- Berkheim, Seitenstr. 14.
Popper, Werner, Dipl.-Ing., Stutt- gart W, Silberburgstr. 150.
Potthoff, Karl, Dr.-Ing., Stutt- gart W, Zeppelinstr. 145.
Preisendanz, Eugen, Elektro- Techn., Stuttgart W, Breitscheil- straße 91.
Pressmar, Albert, Ing., Stuttgt.- Weilimdorf, Goslarer Str. 40.
Priehn, Hubert, Ing., Bad Cann- statt (Stuttgart), König-Karl- Straße 28.
Pütz, Hubert, Dir.-Ing., Stutt- gart S, Wernhaldenstr. 15.

Rahäuser, Friedr., Ing., Stutt- gart-Degerloch, Böhmstr. 12.
Rall, Maria, El. Werk, Neuravens- burg (Allgäu).
Rall, Otto, Ing., Reutlingen- Eningen, Hauptstr. 38.
Rapp, Alfons, Dr. phil., Ulm a. d. Donau, Gneisenastr. 59.
Rath, Willi, Techn. Kfm., Stutt- gart N, Lautenschlagerstr. 17.
Rayhrer, Gerhart, Dir., Dr.-Ing., Stuttgart O, Fraasstr. 12.
Rebhan, Wilh., Elektro-Meister, Wellendingen, b. Rottweil.
Rehberger, Friedr., Ob.-Ing., Stuttgart-Obertürkheim, Leut- weinstr. 8.

Reichle, August, Ing., Metzingen (Reutlingen), Nürtinger Str. 94.
Reinartz, Karl, Dipl.-Ing., Haiger- loch (Hohenz.), Pflegehofgasse Nr. 213.
Reinbeck, Hans, Elektro-Ing., Stgt.-Vaihingen, Löwenstr. 15.
Reisberg, Gerhard, Ing., Heiden- heim, Brz. Bühlstr. 55.
Remmler, Markus, Dipl.-Ing., Stuttgart-Obertürkheim, Uhl- bacher Str. 142.
Reuss, Adolf, Dipl.-Ing., Bad Cannstatt (Stuttgart), Nau- heimer Str. 59.
Reuss, Kurt, Dr.-Ing., Stuttgart N, Birkenwaldstr. 139.
Richter, Oswald, Ing., Fellbach b. Stuttgart, Bahnhofstr. 79.
Rihlein, Fritz, Elektro-Ing., Bibe- rach (Riß), Jahnstr. 6.
Rieker, Karl, Betr.-Ltr., Bietig- heim (Enz), Olgastr. 3.
Rimmelin, Rudolf, stud. el., Stutt- gart N, Rote Str. 25.
Röcker, Wilh., jr., Ing., Löchgau (Württ.), Hauptstr. 2.
Roehm, Ernst, Dipl.-Ing., Stutt- gart, Paulinenstr. 37 a.
Rolli, Wendel, Dipl.-Ing., Stutt- gart - Degerloch, Steinbronner Straße Nr. 17.
Rosolleck, Walther, Ob.-Ing., Stuttgt.-Degerloch, Waldstr. 48.
Roth, Ernst, Ing., Stuttgart W, Gutbrodstr. 44.
Rother, Hubert, Prof. Dr.-Ing., Tuttingen, In Göhren 55.
Ruck, Peter, Ing., Ravensburg, Schussenstr. 20.
Rucktäschel, Hermann, Dipl.-Ing., Weiler-Rems.
Rüdt, Erwin, Tetuan (Marokko), Apartado 83.
Rügner, Otto, Dipl.-Ing., Stutt- gart-Degerloch, Melittastr. 5.
Rütten, Oskar, Dr.-Ing., Referent, Stuttgart-Obertürkheim, Apri- kosenstr.-7.

Sautter, Hermann, Dipl.-Ing., Stuttgart N, Am Kriegsberg- turm 47.
Schädlich, Alfred, techn. Kaufm., Göppingen, Ostring 58.
Schäfer, Hans, stud. el., Stutt- gart S, Wilhelm-Raabe-Str. 19.
Schäfer, Richard, Dipl.-Ing., Stgt.- Degerloch, Wacholderweg 20.
Schäfer, Wilhelm, Dr.-Ing., Dir., Stuttgart-Bad Cannstatt, Gmünderstr. 23.
Schäpperle, Oskar, Elektro-Ing., Bad Cannstatt (Stuttgart), Na- murstr. 6.
Schäufele, Helmut, Diplom-Ing., Stuttgart W, Am Kräherwald Nr. 205 a.
Scherrieble, Adolf, Dipl.-Ing., Echterdingen, Hauptstr. 12.
Scheuing, Konrad, Dipl.-Ing., Stuttgart 13, Bergstr. 5-7.
Schill, Richard, Elektro-Ingenieur, Stuttgart W, Rotebühlstr. 98.

Schilling, Franz, Abt.-Dir., Dipl.- Ing., Biberach (Riß), Memminger Straße 4.
Schilling, Oskar, Elektro-Inst., Zuffenhausen (Stgt.), Elsässer Straße 32.
Schiang, Franz, Dir., Ulm a. d. Donau, Schülinstr. 16.
Schlechter, Emil, Dir., Dr.-Ing., Stuttgart N, Geschwister-Scholl- Straße 24.
Schlegel, Georg, Elektro-Ing., Dürmentingen (Saulgau), Bu- chauer Str. 3.
Schlenk, Georg, Dipl.-Ing., Lai- chingen (Württ.), Postf. 33.
Schlicht, Otto, Ing., Marbach a. N., Affalterbacher Str. 35.
Schlott, Hans, Ing., Gingen (Fils), Postfach 21.
Schlotterbeck, Karl, Baurat, Stutt- gart W, Rotebühlstr. 43 a.
Schloz, Willi, Ing., Kirchheim (Teck), Alleenstr. 50.
Schlüchter, Wilhelm, Mont.-Ing., Enzberg (Württ.), Unterer Wein- bergweg 275.
Schmalzried, Erwin, Ing., Stutt- gart W, Vogelsangstr. 107.
Schmid, Georg, Werkmeister, Klingenmühle, b. Welzheim.
Schmid, Heinrich, Ing., Betr.-Ltr., Stuttgart W, Bebelstr. 12 b.
Schmid, Paul, Elektro-Monteur, Montagerevisor, Stuttgart O, Champignystr. 35.
Schmidt, Kurt, Dr.-Ing., Stutt- gart-Degerloch, Böhmstr. 2.
Schmidt, Rudolf, Ing., Backnang, Hohenstaufenstr. 1.
Schmidt, Walter, Ing., Stutt- gart S, Tübinger Str. 68.
Schmidt, Walter, Dipl.-Ing., Hei- denheim a. d. Brenz, Gien- gener Str. 88.
Schmidt, Willy, Dir., Dipl.-Ing., Stuttgart W, Gustav-Siegle-Str. Nr. 19.
Schmücker, Georg, Ing., Eßlin- gen a. N., Palmstr. 24.
Schneider, Emil, Walter, Dipl.- Ing., Eßlingen a. N., Vogel- sangstr. 4.
Schneider, Ludwig, Dipl.-Ing., Heidenheim (Brz.), Schwanen- straße 25.
Schneider, Oskar, Dr.-Ing., Stutt- gart S, Mörikestr. 11.
Schneider, Rolf, Dipl.-Ingenieur, Korntal (Stgt.), Neuhaldenstr. 30.
Schneider, Willy, Dipl.-Ing., Lud- wigsburg, Favoritegärten 37.
Schnizler, Albrecht, Fabrikant, Nürtingen, Hindenburgstr. 19.
Schreiner, Wolfg., Ing., Schluch- tern b. Heilbronn, Heilbronner Straße.
Schröter, Willi, Dipl.-Ing., Stutt- gart-Sonnenberg, Grundler- straße 10.
Schubert, Michael, Dipl.-Ing., Stuttgart 13, Libanonstr. 34 b.
Schürer, Kurt, Kfm., Stuttgart N, Lautenschlagerstr. 17.
Schuhmacher, Richard, Elektro- Mstr., Ebingen (Württ.).

- Schuler, Ernst, Elektro-Mechan., Stuttgart-Wangen, Geislinger Straße 58 a.
- Schultheiss, Ernst, Ob.-Ingenieur, Obereßlingen, Gerhardtstr. 19.
- Schulz, Reinhard, Dipl.-Ing., Backnang, Fichtestr., Neubau.
- Schumacher, Rudolf, Dr.-Ing., Stuttgart-Feuerbach, Ob den Burghalden 5.
- Schunk, Willy, Dipl.-Ing., Stuttgart-Degerloch, Freischützstr. 5.
- Schuster, Wolfgang, cand. el., Stuttgart 13, Landhausstr. 207.
- Schweizer, Hans, Elektro-Inst., Stuttgart N, Feuerbacherheide 8.
- Schwenk, Werner, Dipl.-Ing., Ob.-Ing., Backnang, Friedrich-List-Str. 4.
- Seybold, Karlhans, Dipl.-Ing., Nürnberg, Burger Str. 42.
- Seybold, Karl, Dipl.-Ing., Bad Cannstatt (Stuttgart), Waiblinger Str. 127.
- Seyerle, Robert, Elektro-Mstr., Böblingen, Liststr. 62.
- Soehle, Otto, Ing., Stuttgart O, Hackstr. 71.
- Spahr, Paul, Elektro-Ing., Stgt.-Degerloch, Waidachstr. 14.
- Spaich, Karl, cand. el., Stuttgart S, Cottastr. 51.
- Spieß, Eugen, Elektro-Ing., Stuttgart, Bussenstr. 60.
- Spitzbart, Richard, Elektro-Ing., Hirsau (Württ.), Bärental 27.
- Stängl, Franz, Elektro-Ing., Stuttgart-Kaltental, Ruhesteinstr. 10.
- Stasny, Richard, Ing., Barcelona, Apartado 1225.
- Staudenmaier, Martin, Elektro-Ing., Giengen (Brenz), Ulmer Straße 1, Postfach 32.
- Staudte, Hermann, Ing., Stuttgart W, Lerchenstr. 84.
- Stein, Joachim, Dipl.-Ing., Stuttgart O, Scheibergstr. 19.
- Stein, Richard, Dipl.-Ing., Stuttgart W, Forststr. 66.
- Steinbrenner, Hans, Dipl.-Ing., Stuttgart W, Hermannstr. 4.
- Steinhäuser, Fritz, Ing., Wendlingen a. N., Hch.-Otto-Str. 9.
- Steinwender, Alfons, Ing., Heilbronn, Wilhelmstr. 42.
- Stenzel, Walter, Ing., Backnang, Hohenstaufenstr. 7.
- Stier, Alfons, Ing., Stuttgart-Vaihingen, Wegländerstr. 53.
- Stockmayer, Herbert, Dipl.-Ing., Stuttgart W, Markelstr. 34.
- Stoll, Erwin, Dipl.-Ing., Ob.-Baur., Stuttgart W, Köllestr. 9.
- Stoll, Rudolf, Ob.-Ing., Oberndorf (Aistaig), Sulzer Str. 145.
- Stolpp, Helmut, Dipl.-Ing., Hamburg-Altona, Hohenzollernring 38.
- Sträß, Hermann, Dipl.-Ing., Boll, Obere Badstr. 337.
- Strasser, Erich, Dipl.-Ing., Herrenberg, Horberstr. 37.
- Strebel, Andreas, Ing., Dir. i. R., Stuttgart-Vaihingen, Schumannstraße 19.
- Strebel, Otto, Ing., Wilhelmsglück, Altersheim.
- Strecker, Konrad, Ing., Stuttgart-Birkbach, Parkstr. 13.
- Streich, Otto, Dipl.-Ing., Präsident a. D., Leinfelden-Oberaichen, Rohrerstr. 48.
- Striebing, Karl, Ing., Bad Cannstatt (Stuttgart), Ruhrstr. 17.
- Sturm, Alfred, Dipl.-Ing., Stuttgart-Feuerbach, Wachaustr. 24.
- Sturm, Hermann, stud. ing., Stuttgart-Zuffenhausen, Achardweg 9.
- Talmon-Gros, Herbert, Dipl.-Ing., Stgt.-Vaihingen, Zeppelinstr. 56.
- Terraio, Antonio Lopes, Direktor, Ing., Porto, Portugal, Avenida da Boavista 3076.
- Theiler, Georg, Ob.-Ing. i. R., Stuttgart O, Sonnenbergstr. 50.
- Theissinger, Ludwig, Elektro-Meister, Stuttgart 13, Alfredstraße 12.
- Theurer, Gerhard, El.-Ing., Reutlingen, Danneckerstr. 17.
- Thewalt, Adolf, Dipl.-Ing., Stuttgart-Obertürkheim, Asangstraße 106.
- Thierauf, Rudolf, Stadt-Ingenieur, Stuttgart W, Reinsburgstr. 136.
- Thiessen, Wilhelm, Diplom-Ing., Stuttgart-Degerloch, Heinestr. 17.
- Tiede, Wilhelm, Rönt.-Ing., Aalen, Postfach 33.
- Tönjes, Ulrich, Dipl.-Ing., Herbrechtingen.
- Traiser, Rudolf, Elektro-Ing., Stgt.-Bad Cannstatt, Martin-Luther-Straße 98.
- Treuz, Erwin, Ing., Bad Cannstatt, Karlsbader Str. 27.
- Tröger, Karl, Elektro-Ing., Ludwigsburg, Fr.-Engels-Str. 4.
- Tropf, Fritz, Dipl.-Ing., Backnang, Gartenstr. 145.
- Trost, Ferdinand, Dipl.-Ing., Stgt.-Degerloch, Waldbucher Pl. 14.
- Trüg, Otto, Teilh. d. Fa. Elektrobau, Saulgau, Hauptstr. 39.
- Uhl, Heinz, Dipl.-Ing., Tübingen, Ebertstr. 30.
- Vayhinger, Theo, stud. el., Stuttgart W., Johannesstr. 74.
- Vedder, Franz, Elektro-Ing., Bad Cannstatt (Stuttgart), Theodor-Veiel-Str. 98.
- Veil, Otto, Elektro-Mstr., Stuttgart S, Torstr. 29.
- Vogelsang, Georg, Betriebs-Ing., Bietingheim (Wrtbg.), Wilhelmstraße 13.
- Voigt, Gerhard, Elektro-Ing., Stgt.-Degerloch, Leinfelder Str. 70.
- Vollmar, Oskar, Ob.-Ing., Bad Cannstatt (Stuttgart), König-Karl-Str. 14.
- Volz, Walter, Konstr., Bad Cannstatt (Stuttgart), Im Geiger 100.
- Voss, Hermann, Elektro-Meister, Stgt.-Botnang, Franz-Schubert-Straße 42.
- Wagner, Albert, Ing., Stgt. S., Altenbergstr. 15.
- Wagner, Gerhard, Elektro-Ing., Betriebsführer, Stuttgart-Zuffenhausen, Fischerstr. 7.
- Wagner, Heinrich, Elektro-Mstr., Stuttgart W, Bebelstr. 70.
- Wagner, Richard, Elektro-Inst., Stgt.-Neumaden, Dreizlerstr. 23.
- Wagner, Robert, Elektro-Ing., Esslingen (N.), Ruiterstr. 10.
- Wahlig, Julius, Dipl.-Ing., Direkt., Überlandwerk Jagstkreis, Ellwangen, Unterer Brühl 2.
- Wais, Paul, Ing., Betr.-Dir. i. R., Göppingen, Ostring 61.
- Waldmann, Ernst, Dipl.-Ing., Erlangen, Henkestr. 6.
- Wallot, Julius, Prof. Dr., Kupferzell, Schafhof, Post Belzhag ü. Oehringen.
- Walz, Gustav, Elektro-Ing., Betriebsführer, Reutlingen-Betzingen, Rosenstr. 18.
- Waudam, Johannes, Dipl.-Ing., Stuttgart 13, Kniebisstr. 9.
- Wandel, Robert, Elektro-Ing., Stuttgart N, Dornbuschweg 10.
- Wanner, Hermann, Betr.-Leiter, Tübingen, Derendinger Str. 49.
- Weber, Wilhelm, Ing.-Büro, Stuttgart W, Leibnizstr. 96.
- Weigand, Helmuth, Ing., Betr.-Leiter, Stuttgart-Stammheim, Silcherstr. 5.
- Weihmüller, Ludwig, Dipl.-Ing., Göppingen, Olgastr. 15.
- Weiler, Erwin, Dipl.-Ing., Ludwigsburg, Silcherstr. 17.
- Weintraud, Hans, Dipl.-Ing., Esslingen (N.), Olgastr. 42.
- Weiß, Rudolf, Elektro-Ing., Stuttgart W, Hasenbergsteige 70.
- Wenger, Eduard, Direktor i. R., Stgt.-Sonnenberg, Laustr. 2.
- Wengler, Richard, Dipl.-Ing., Stuttgart N, Sattlerstr. 6a.
- Weniger, Rudolf, Ing., Ludwigsburg, Jägerhofallee 89.
- Werbeck, Horst, Dipl.-Ing., Stuttgart N, Hermann-Kurz-Str. 12.
- Werle, Walter, Dipl.-Ing., Stuttgart-Wangen, Wasenstr. 37.
- Werner, Karlheinz, Dr.-Ing., Backnang, Gerberstr. 33.
- Wichtler, Felix, Elektro-Ing., Laichingen, Bahnhofstr. 16.
- Widmann, Dieter, stud. el. Kornthal b. Stgt., Friedhofstr. 30.
- Widmann, Ludwig, stud. ing., Heilbronn, Weinsberger Str. 109.
- Widmer, Hermann, Dr.-Ing., Ludwigsburg, Uhlandstr. 16.
- Wiedemann, Otto, Dipl.-Ing., Ulm (Donau), Stufenweg 29.
- Wied, Eugen, Ing., Stuttgart-Sillenbuch, Rankestr. 42.
- Wiedemann, Paul, Ing., Biberach, Gigelbergstr. 1.
- Wieland, Hermann, Ing., Stuttgart-Degerloch, Meistersingerstr. 30.
- Wimpf, Wilhelm, Ing., Betriebsführer, Stuttgart S, Alexanderstraße 148.

Winkler, Friedrich, Ob.-Ing., Ulm (Donau), Königstr. 33.
Wirthwein, Heinz, Dr. phil. Chem., Heidenheim (Brz.), Römerstr. 44.
Wirtz, Josef, Geschäfts-Führer, Altbach (N.), Sedanstr. 28.
Witte, Waldemar, El.-Ing., Ebersberg (Kr. Waiblingen).
Woernle, Otto, Dipl.-Ing., Stuttgart N, Lautenschlagerstr. 17.
Wörz, Paul, Elektro-Mstr., Stuttgart-Wangen, Biberacher Str. 3.
Wössner, Hans, stud. el., Esslingen a. N., Stauffenbergstr. 97.
Wohlbold, Hans, Gesch.-Führer, Nagold (Württ.), Hohestr. 6.
Wohlfrom, Walter, Ing., Esslingen (N.), Blumenstr. 1.
Wojtech, Waldemar, Radio-Konstruktor, Betriebsführer, Mühleacker, Mühlehof 3.
Wolf, Ferdinand, Elektro-Ing., Nagold (Württ.), Burgstr. 36.
Wolf, Rudolf, Ing., Calw, Bischofsstraße 6.
Wolff, Karl, Dr.-Ing., Stuttgart W, Hasenbergstr. 18.
Wüst, Julius, Dir.-Ing., Tübingen, Derendingerstr. 49.
Wüster, Erwin, Ing., Ulm/Donau, Kramgasse 2.
Wunderlin, Alfred, Ing., Oberesslingen (N.), Tulpenweg 8.

Xander, Fritz, Dir., Dipl.-Ing., Eßlingen (N.), Sirnauer Str. 4.

Zeeb, Walter, Ing., Fellbach-Stgt., Schubertstr. 17.
Zeh, Manfred, stud. el., Stuttgart, Landhausstr. 86a.
Zell, Hugo, Dipl.-Ing., Ob.-Ing., Stuttgart N, Rebhalde 13.
Ziehl, Günter, Dipl.-Ing., Künzelsau, Haldenweg.
Zimmerer, Hans, Mont.-Ingenieur, Stuttgart N, Vogelsangstr. 40.
Zimmermann, Hans-Gerhard, Dipl.-Ing., Stuttg.-Kornthal, Ludwigsburger Str. 5.
Zimmermann, Otto, Mont.-Rev., Stgt.-Botnang, Eltingerstr. 20.

Korporative Mitglieder

Alb Elektrizitätswerk EVU, Geislingen/Steige, Eybstr. 100.
AEG, Büro Stuttgart, Stuttgart W, Bebelstr. 24.
AEG, Fabrik Stuttgart, Bad Cannstatt (Stuttgart), Deckerstr. 5.
Bernhard Max KG., Spezialfabrik f. elektr. Werkzeugmaschinen, Stuttgart W, Silberburger Straße 58 a.
Bodenmüller, Gustav, Fabrik für Kunstharz u. Bakelit-Preßteile, Nehren (Tübingen), Kirschenfelder Str. 11-13.
Bosch, Robert, G. m. b. H., Stuttgart N, Seidenstr. 36.
Brändle u. Geiger, Fabrik f. el. Kleinmotoren, Stuttgart S, Mörikestr. 69.

Deutsche Bundesbahn, Eisenbahndirektion Stuttgart, Stuttgart N, Heilbronner Str. 7.
Elektra Taifingen Ammann & Co., Fabrik elektr. Schaltapparate, Taifingen, Brunnenstr. 48.
Elektrizitätswerk Heilbronn, Heilbronn, Wilhelmstr. 42.
Elektrizitätswerke Reutlingen, Reutlingen, Fritz-Ebert-Str. 16.
Elektrizitätswerke Vaihingen-Enz A. Hessenthaler & Co., Vaihingen-Enz.
Elektrizitätswerke Winnenden G. m. b. H., Winnenden (Württ.), Palmenstr. 20.
Elektro - Geräte - Bau Blanc & Fischer, Oberderdingen (Wtbg.), Elmed K.-G. Dr. Jung, Bad Mergentheim, Schließfach 151.
Energie - Versorgung Schwaben A.-G., Stuttgart N, Lautenschlager Str. 17.
Fein, C & E., Spezialfabrik für Elektrowerkzeuge, Stuttgart W, Leuschnerstr. 43-47.
Fischer, F. & R., K.-G., Blech- u. Metallwarenfabrik, Göppingen, Bahnhofstr. 61-65.
Frank & Kathreiner G. m. b. H., Kaffeemittelfabriken, Ludwigsburg, Frankstr. 1.
Friz & Co., Gottlieb, Elektrizitätswerk, Münstermühle, Krs. Backnang.
Gas u. Wasserleitungsgeschäft Böhm, Hörle, Schuster & Co., K.-G., Stuttgart W, Calwer Straße 36.
Gesellschaft für elektr. Anlagen, Stuttg.-Fellbach, Postfach 60.
Groß, Fr. Jr., A.-G., Elektro-Geräte-Fabrik, Schwäbisch-Hall, Blendstattstraße.
Großkraftwerk Württemberg A.-G., Ludwigsburg, Wilhelmstr. 63.
Heller & Co., Elektr.-Werk, Schwäb.-Hall.
Hilzinger, Wilhelm, Fabr. el. u. med. Wärmeapp., Stuttgart S, Heusteigstr. 96/98.
Himmelwerk A.-G. Tübingen, Tübinger Str.
Jetter & Scheerer A.-G. f. Fein-mech., Tuttlingen.
Kaltschmid, Karl, Eisen und Metallwerk G. m. b. H., Oberriexingen (Württ.) üb. Vaihingen (Enz).
King, L., Metallwarenfabr., Bad Liebenzell, Pforzheimer Str. 37.
Kraftwerk Altwürttemberg A.-G., Ludwigsburg, Wilhelmstr. 63.
Landesgewerbeamt, Elektr. Starkstromanlagen, Stuttgart N, Kienestr. 18.
Märklin, Gebr. & Cie., G.m.b.H., Fabrik feiner Metallspielwaren, Göppingen (Württ.), Stuttgarter Straße.
Mauz & Pfeifer, Elektr. Fabrik, Stuttgart-Botnang, Franz-Schuberg-Straße 27.
Mittelschwäbische Überlandzentrale A.-G., Giegen (Brz.), Post-schließfach 32.

Mix & Genest A.-G., Telefon- u. Telegrafenerwerke, Stuttg.-Zuffenhausen, Helmut-Hirth-Str. 41.
Neckar A.-G., Energie-Erzeug., Stuttgart N, Birkenwaldstr. 38.
Neckar-Elektrizitätsverband, Stuttgart O, Uhlandstr. 2 A.
Neckarwerke Elektrizitätsversorgungs-A.-G., Eßlingen a. N., Ritterstr. 17.
Osram G. m. b. H., K.-G., Heidenheim (Brz.), Ulmer Str. 43.
Otto & Söhne, Heinrich, Elektr.-Werk, Wendlingen a. N.
Papierfabrik Scheufelen, Oberlenningen (Württ.).
Pflisterer, Karl, Fabrik el. Spezialartikel, Stuttgart-Untertürkheim, Augsburgstr. 375.
Präsidialbüro der Postdirektion, Stuttgart N, Lautenschlager Straße 17.
Siemens - Halske A.-G., techn. Büro, Stuttgart N, Geschwister-Scholl-Str. 22.
Siemens-Schuckert-Werke A.-G., techn. Büro, Stuttgart N, Geschwister-Scholl-Str. 22.
Schlenker - Maier, Elektr. Fabrik, Schwenningen (Neckar).
Schröder, Apparate K.-G., Spezialfabrik el. Apparate u. Metallwaren, Stuttg.-Feuerbach, Stuttgarter Str. 27-29.
Stadtwerke Crailsheim EVU., Crailsheim.
Stadtwerke Heidenheim EVU., Heidenheim (Brz.), Schmelz-ofenvorstadt 2.
Stadtwerke Schwäbisch - Gemünd EVU., Schwäbisch-Gemünd.
Stadtwerke Tübingen, Tübingen, Nonnengasse 19.
Stadtwerke Ulm, Ulm a. D.
Stadtwerke Waiblingen EVU., Waiblingen, Schorndorfer Str. 59.
Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen e. V., Ruit üb. Eßlingen (Württ.).
Stuttgarter Straßenbahnen, Stuttgart S, Hauptstätter Str. 153.
Techn. Betriebe der Stadt Mühleacker, Mühleacker, Kreis Vaihingen a. d. Enz.
Techn. Überwachungs-Verein Stuttgart W, Bebelstr. 48.
Techn. Werke der Stadt Stuttgart, Stuttg. N., Lautenschlager Straße 21.
Telefunken, Ges. f. drahtl. Telegraphie, Stuttgart O, Pfitzerstraße 5.
und Stuttgart W, Hölderlinplatz 1.
Überlandwerk Jagstkreis A.-G., Ellwangen (Jagst), Unterer Brühl.
Verband der Elektrizitätswerke Württemberg-Baden, Stuttgart N, Am Kriegsbergturm 44.
Vereinigte Filzfabriken Giengen A.-G., Giengen (Brz.).
Württ. Gebäudebrandversicherungsanstalt, Stuttgart O, Gerokstraße 4.

Verband Deutscher Elektrotechniker Bezirk Ostfriesland

Geschäftsstelle: Wilhelmshaven, Herbartstr. 96, Telefon: 31 12, Bankkonto: Volksbank Wilhelmshaven e. G. m. b. H., Wilhelmshaven, Virchowstr., Konto-Nr. 4704.

Vorsitzender: Schirmer, Georg, Dipl.-Ing., Wilhelmshaven, Herbartstr. 96, Tel.: 31 12.

stellv. Vorsitzender: Gropp, Rudolf, Ob.-Ing., Wilhelmshaven, Hegelstr. 8, Telefon: 34 67—69.

Schriftführer: Schwarting, Johann, El.-Ing., Wilhelmshaven, Bülowstr. 20.

Kassenwart: Wunnenburger, Reinhold, El.-Ing., Wilhelmshaven, Siedlerweg 27.

Brüning, Karl, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Bülowstr. 18.

Conrad, Hans, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Boingstr. 3.

Deharde, Gerhard, Elektro-Ing., Varel i. O., Oldenburger Str. 26.

Eilers, Elektro-Ing., Hohenkirchen i. Ostfr.

Eilers, Friedrich, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Harlingerweg 1.

Fischer, Paul, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Werftstr. 107.

Fuchs, Kurt, Dipl.-Ing., Wilhelmshaven, Hegelstr. 52.

Gropp, Rudolf, Ob.-Ing., Wilhelmshaven, Hegelstr. 8.

Haase, Hermann, Betr.-Ltr., Norden (Ostfr.), Am Zingel 20.

Heeren, Hero, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Rheinstr. 188.

Hennenbruch, Karl, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Arngaststr. 10.

Heuer, Ernst, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Stettiner Str. 4.

Hüper, Adolf, Diplom-Ing., Wilhelmshaven, Redlefstr. 1.

Jäger, Walter, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Peterstr. 121.

Janssen, Johannes, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Holtermannstraße 29.

Jovy, Dr.-Ing., Leer i. Ostfr., Gröninger Str. 29-38.

Kerl, Hermann, Ob.-Ing., Wilhelmshaven, Rheinstr. 2 a.

Klimscha, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Altendeichsweg 86.

Meyer, Gerhard, Elektro-Ing., Timmel Nr. 8, bei Aurich/Ostfr.

Müller, Fritz, Dipl.-Ing., Koblenz, Bahnhofplatz, SSW-Hochhaus.

Oldenburg, Ludwig, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Brommystr. 1.

Roscen, Hans, Elektro-Ing., Stuttgart-Zuffenhausen, Fischerstr. 12.

Schirmer, Georg, Dipl.-Ing., Wilhelmshaven, Herbartstr. 96.

Schlette, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Halligenweg 42.

Schmidt, Karl, Elektro-Ob.-Ing., Wilhelmshaven, Rheinstr. 41.

Schröder, Wilhelm, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Genossenschaftsstr. 90.

Schulz, Hasso, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Gökerstr. 148.

Schulze, Rudolf, Dipl.-Ing., Wilhelmshaven, Holtermannstr. 27 e.

Schwarting, Johann, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Bülowstr. 20.

Sedlazeck, Ernst, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Auf dem Klei 11.

Seetzen, Fritz, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Stralsunder Str. 6.

Streng, Kurt, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Schillerstr. 34.

Strese, Emil, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Hegelstr. 60.

Thielebart, Kurt, Dipl.-Ing., Wilhelmshaven, Kurze Str. 9 II.

Werner, Neidhard, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Bülowstr. 22.

Wilke, Gerhard, Dipl.-Ing., Wilhelmshaven, Ricklefsweg 5.

Wunnenburger, Reinhold, Elektro-Ing., Wilhelmshaven, Siedlerweg 27.

Verband Deutscher Elektrotechniker Bezirk Bergisch Land

Geschäftsstelle: Wuppertal-Elberfeld, Neumarktstr. 52, Telefon: 30 141 (SSW), Girokonto: Nr. 846 bei der Städt. Sparkasse, Wuppertal-Elberfeld.

Vorsitzender: Michelis, Theodor, Dipl.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, Freystr. 49.

stellv. Vorsitzender: Kastenbein, Helmut, Dipl.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, Varresbecker Str. 35.

Schriftführer: Janssen, Kurt, Dipl.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, von-der-Tann-Str. 15.

Kassenwart: Klasen, Hermann, Wuppertal-Hahnerberg, Rennbaumerstr. 57.

Anlert, Dietrich, Ing., Gevelsberg (Westf.), Körnerstr. 51.

Anthes, Hans, Dipl.-Ing., Weidenau (Sieg), Unt. Friedrichstraße 60.

Backhaus, Hans, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Brillerstr. 140.

Bauer, Johs., Remscheid-Lennep, Friedrichstr. 93.

Baur, Alex., Ob.-Ing., Westig (Kr. Iserlohn), Altenaer Str. 80.

Becker, Wilh., Ing., Wuppertal-Elberfeld, Marienstr. 104.

van Bel, Herwarth, Dipl.-Ing., Wuppertal - Wiehl, Liegnitzer Straße 8.

Bender, Erich, Kierspe Bahnhof, Vollmestr. 166.

Bengs, Gerhard, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Graf-Adolf-Str. 10.

Berg, Wilh., Techn., Schwelm (Westf.), An der Grenze 20.

Bergmann, Fritz, Ing., Wuppertal-Elberf., Nützenbergstr. 307.

Berlitz, Günter, Wuppertal-Oberbarmen, Sonnenstr. 86.

Berndt, Viktor, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Steinenfeld 78.

Bier, Alex, Ing., Remscheid-Lennep, Röntgenstr. 7.

Blasberg, Günther, Ing., Solingen-Ohligs, Hofgerichtsweg 28.

Bock, Friedrich, Dipl.-Ing., Kierspe (Westf.), Dr.-Deisting-Straße 11.

Bock, Walter, Ing., Neuenrade (Westf.), Erstestr. 4.

Böger, Ludwig, Ing., Eickelborn, Sundernstr. 3.

Bohn, Heinrich, Buschhütten, Auf der Hube 40.

Bollmann, Walter, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Varresbecker Straße 134.

Boller, Herbert, Dipl.-Ing., Letmathe (Westf.), Hagener Str. 12.

Bräutigam, Georg, Ing., Soest, Schonekindstr. 38.

Brandes, Willy, Dir., Gevelsberg, Am Jägerhaus 6.

Bredenbeck, Ernst, Zivil-Ing., Hagen, Fleyerstr. 159.

Bremiker, Ernst, Ing., Kierspe Bahnhof, Am Nocken 66.

Buchweitz, Robert, Ing. i. R., Siegen, Giersbergstr. 31.

Buhr, Karl, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Mettmannstr. 12.

Busse, Hanns, Dipl.-Wirt.-Ing., Neheim-Hüsten 1, Schobbostr. 1.

- Campe, A.,** Dipl.-Ing., Hagen (Westf.), Grünstr. 29.
Christians, W., Ob.-Ing., Siegen (Westf.), Köpfchenstr. 26.
Clemenz, Max, Dr.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, Teutonenstr. 42.
Clostermann, Hermann, Hagen (Westf.), Kreishausstr. 3.
Czemper, Karl, Dipl.-Ing., Leverkusen, Kölner Str. 346.
- Dann, Ferd., Ing.,** Leverkusen-Schlebusch, Mettlacher Str. 11.
Dege, Carl, Dipl.-Ing., Leverkusen, I.G.-Werk, Christian-Heß-Str. 79.
Deusing, Wilh., Ob.-Ing., Arnsberg (Westf.), Heilefelderstraße 67.
Deutemann, Erich, Ob.-Ing., Wuppertal-E., Hardtstr. 80.
Diederichs, Ernst, Ing., Olpe (Westf.), Finkenstr. 11.
Diemer, August, Ing., Solingen, Friedrichstr. 1-3.
Döge, Hellmut, Ing., Leverkusen, Kaiserstr. 23.
Dötze, Wilhelm, Ing., Wuppertal-Langerfeld, Ehrensbergerstraße 26a.
Drescher, Bernhard, Dipl.-Ing., Leverkusen, Kasinopark 15.
Dusch, Alfons, Dipl.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Straße 103.
- Ebrecht, Paul, Ing.,** Wuppertal-Elberfeld, Seilerstr. 14.
Emmert, Kurt, Ob.-Ing., Wuppertal-Vohwinkel, Arndtstr. 5.
Engel, Fritz, Ob.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, Neumarktstr. 52.
Engels, August, Ing., Solingen-Gräfrath, Am Graben 5.
Ernst, Karl-Heinz, Ing., Altena (Westf.), Kleffstr. 5.
Eschment, Erwin, Dipl.-Ing., Hagen (Kr. Arnsberg), in Polyplast, Sauerländische Kunststoffwarenfabrik.
Eul, Josef, Ing., Wuppertal-Wichlinghausen, Lentzestr. 49.
- Falder, Paul, Ing.,** Haan (Westf.), Mittelstr. 2.
Fastenrath, Willi, Betr.-Ing., Remscheid-Lennep, Gustloifstraße 11.
Faust, Gustav, Wuppertal-Elberfeld, Neumarktstr. 52.
Findeisen, Karl, Wuppertal-Elberfeld, Frankenstr. 14.
Finnern, Helmut, Ing., Wuppertal-Barmen, Alb.-Molineus-Straße 22.
Fischer, Georg, Dipl.-Ing., Wuppertal-Sonnborn, Zur Waldesruh 40.
Fischer, Heinz, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Charlottenstr. 70.
Fischer, Walter, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Heimatplan 14.
Flaschick, Hermann, Ing., Wuppertal-Barmen, Hebbelstr. 3.
- Franck, Albert, Dipl.-Ing.,** Wuppertal-Elberfeld, Vogelsangstraße 109.
Freitag, Paul, Ing., Wuppertal-Barmen, Hugostr. 5, b. Schwarz.
Fröhlich, Alois, Ing., Menden (Kr. Iserlohn), Kurze Str. 4.
Frowein, Herbert, Dipl.-Ing., Wuppertal-Barmen, Friedrich-Engels-Allee 317.
Fuchs, Gustav, Generaldir. a. D., Wuppertal-Vohwinkel, Gräfrather Str. 18.
Funke, Ernst, Dipl.-Ing., Wuppertal-Langerfeld, Regentenstr. 60.
- Gareis, Max, Bauing.,** Remscheid-Lennep, Am Drosselsang 10.
Gauß, Kurt, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Varresbecker Str. 134.
Gerhardt, Hermann, Ing., Wuppertal-Barmen, Emilienstr. 62.
Germann, Albert, Neunkirchen (Kr. Siegen), Altenbergstr. 166.
Gese, August, Dr.-Ing., Solingen-Ohligs, Mankhauser Str. 16.
Giersiepen, Rudolf, Radevormwald, Lindenstr. 16.
Gleißner, Kurt, Dipl.-Ing., Leverkusen, Dönhoffstr. 71.
Gosberg, Kurt, Ing., Wuppertal-Barmen, Schwartnerstr. 20.
Grabendörfer, Willi, Dipl.-Ing., Leverkusen, Hans-Sachs-Str. 14.
Graf, Harald, Dipl.-Ing., Wuppertal, Oststr. 34.
Grebe, Otto, Dr.-Ing., Olpe (Westf.), Josefstr. 8.
Günther, Emil, Betr.-Ing., Wuppertal-Unterbarmen, Friedhofstraße 25.
Güthing, Hellmuth, Siegen (Westf.), Friedrichstr. 17.
- Hahnhold, Rudolf, Ing.,** Lüdenscheid, Werdohler Str. 92.
Haldwang, Walther, Dipl.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 76.
Halfmann, Artur, Elektro-Meister, Wuppertal-Elberfeld, Brillerstraße 30.
Halstenbach, Paul, kaufm. Leiter, Wuppertal-Elberfeld, Teutonenstraße 12.
Hammerstädt, Erich, Ing., Siegen i. Westf., Achenbacher Str. 4.
Hansen, Hans, Dipl.-Ing., Wuppertal, Langenfelder Str. 129.
Hautzel, Georg, Ing., Solingen, Schlagbaumerstr. 45.
Heck, Peter, Dipl.-Ing., Wuppertal-Vohwinkel, Haeselerstr. 60.
Heffels, Josef, Dr. rer. nat., Leverkusen, Bergisch-Land-Str. 50.
Heier, Karl, Ing., Remscheid-Lüttringhausen, Feldstr. 29.
Heimann, Rudolf, Ing., Langenfeld-Reusrath, Opladener Str. 109.
Heine, Peter, Dipl.-Ing., Wuppertal-Oberbarmen, Oehde 19.
Heinzen, Fritz, Wuppertal-Elberfeld, Am Eckbusch 19.
Hengstebeck, J., Ing., Rehringhausen ü. Olpe i. W.
- Hense, Ernst, Ing.,** Wuppertal-E., Schmachtenbergweg 7.
Hensel, Max, Ing., Altenhundem i. Westf., Hennestr.
Hermes, Karl, Dipl.-Ing., Siegen i. Westf., Rosterstr. 23.
Herr, Heinrich, Dr.-Ing., Wuppertal-Barmen, Emilienstr. 68.
Heute, Hans, Dipl.-Ing., Siegen i. Westf., Wittgensteiner Str. 2.
Heyder, Fritz, Ing., Wuppertal, Wülfrather Str. 24.
Hildebrandt, Max, Ing., Wuppertal, Siegfriedstr. 54.
Hinnenberg, Arthur, Ing., Solingen, Schlagbaumerstr. 119.
Hocke, Walter, Dipl.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, Eddastr. 28.
Hofmann, Heinz, Ing., Meggen-Lenne (Kr. Olpe), Hauptstr. 8a.
Hohmann, Karl, Insp., Neviges (Rhld.), Windrathstr. 10.
Holte, Erwin, Ing., Wuppertal, Auf der Nüll 3.
Holzmann, Fred., Letmathe-Oestrich, Hellwegstr. 31.
Holzweißig, Alfred, Ob.-Ing., Halle a. d. Saale, Rud.-Haym-Str. 19.
Hoppe, Franz, Wuppertal-Barmen, Wichlinghauser Schulstr. 3.
Hoyer, Hans, Ob.-Baurat, Hagen i. W., Gneisenaust. 18.
Hückeler, Johs., Ing., Solingen-Weyer, Haanstr. 7.
Hüster, Oswald, Berleburg, Poststraße 9.
- Illichmann, Otto, Ing.,** Wuppertal-Elberfeld, Kruppstr. 96.
- Jacobs, A., Direktor, Siegen i. W.,** Friedrichstr. 14.
Jannsen, Kurt, Dipl.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, von-der-Tann-Straße 15.
Jung, Siegf., Dipl.-Ing., Wuppertal-Sonnborn, Boeddinghausstraße 21.
Jung, Wolfg., Ing., Wuppertal-Barmen, Totilaweg 3.
Jung, Wolfg., Schüler, Wuppertal-Barmen, Totilaweg 3.
- Kärmer, Gustav, Ing.,** Solingen, Lünenschloßstr. 92b.
Kaltenbach, Remigius, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Dönbergstr. 167.
Kastenbein, Helmut, Dipl.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, Varresbecker Str. 35.
Kaucher, Wolfg., Dr.-Ing., Wetter (Ruhr), Kaiserstr. 11.
Kiel, E., Dipl.-Ing., Haßlinghausen, Gevelsberger Str. 219a.
Kipper, Otto, Ob.-Ing., Siegen, Wellersbergstr. 4.
Klasen, Hermann, Werk-Leiter, Wuppertal-Hahnerberg, Rennbaumerstr. 57.
Kleinknecht, Ob.-Ing., Eisern (Kr. Siegen), Rensbachstr. 57.
Klingelhöller, Werner, Ingenieur, Wuppertal-Wichlinghausen, Am Diek 23.
Kluppelberg, Oscar, Ing., Remscheid, Sieperstr. 35.

- Knappe, Georg**, Ob.-Ing., Neviges (Rhld.), Elberfelder Str. 190.
- Knitter, Kurt**, Dipl.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, Kabelstr. 2.
- Koch, Hans**, Dipl.-Ing., Dönberg üb. Wuppertal, Adamshäuschen.
- Koch, Heinz**, Dr.-Ing., Wuppertal-Vohwinkel, von der Goltz-Str. 3.
- Koch, Wilfried**, Dipl.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, Aue 57.
- Köhler, A.**, Dipl.-Ing., Siegen i. Westf., Luisenstr. 1.
- Kölsch, Ernst**, Ing., Schwelm i. W., Kaiserstr. 7, b. Siepmann.
- König, Alfons**, Ing., Wuppertal-Barmen, Am Brögel 6.
- König, S.**, Ing., Wuppertal-Vohwinkel, Stackenbergr. 7.
- Korda, Alfred**, Ing., Waldheim (Sachsen), Kurze Str. 4.
- Kosack, Emil**, Dipl.-Ing., Oberbaurat a. D., Hagen i. W., Molstraße 1.
- Krauss, Eugen**, Ing., Schwelm Blücherstr. 21.
- Kremer, Bernh.**, Ing., Leverkusen, Mülheimer Str. 46.
- Kremer, Hans**, Ing., Wuppertal-Barmen, Eintrachtstr. 78.
- Kriwan, Karl**, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Ludwigstr. 14.
- Kronenberg, Hans**, Wuppertal-Vohwinkel, Tescherstr. 15.
- Krüger, Hermann**, Dipl.-Ing., Wuppertal-Barmen, von-der-Tann-Str. 10.
- Kuhaupt, F.**, Betr.-Ing., Wuppertal-Barmen, Am Dieck 79.
- Kunz, Johann**, Ob.-Ing., Remscheid-Lennep, Schillerstr. 35.
- Kurz, Wilh.**, Dipl.-Ing., Wuppertal-Barmen, Beyenburger Straße 84.
- Lampe, Hans**, Dipl.-Ing., Hagen i. Westf., Holzmüllerstr. 1.
- Lamshöft, Bernh.**, Elektro-Mstr., Wuppertal-Barm., Zanellastr. 54.
- Lange, Hermann**, Ing., Solingen, Hauptstr. 228.
- Lauther, Gustav**, Ob.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, Viktoriastr. 89.
- Leber, Paul**, Dipl.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, Ausblick 89.
- Lecuona, Pablo**, Madrid, Spanien, Jorge Juan 124; 40 iz 9.
- Lehnert, Fritz**, Dipl.-Ing., Lippstadt i. W., Hermannstr. 62.
- Leppin, Walter**, Dipl.-Ing., Remscheid-Lennep, Düstergasse 4.
- Lill, Robert**, Ing., Leverkusen-Wiesdorf, van't-Hoff-Str. 36.
- Lindenberg, Otto**, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Detmolder Str. 22.
- Lingeman, Josef**, Ing., Iserlohn i. Westf., Karnacksweg 11.
- Linker, Georg**, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Siedlung Obensiebeneik.
- Linz, Erich**, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Vogelsangstr. 137.
- Lösekrug, Karl**, Ing., Siegen, Emilienstr. 18.
- Lucan, Wilh.**, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Aternstr. 10.
- Luchembühl, Werner**, Dipl.-Ing., Wuppertal-Barmen, Brunhildenstraße 49.
- Lüderitz, Werner**, Dipl.-Ing., Hilden (Rhld.), Richrather Straße 85.
- Lutz, Hans**, Ing., Turin (Italien), Via Vico 2.
- Mach, Hans**, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Briller Str. 144.
- May, Karl**, Dipl.-Ing., Baurat, Wuppertal-Elberfeld, Gertrudenstraße 23.
- Mayer, Paul**, Neheim-Hüsten, Lindenhof.
- Melcher, Artur**, Ing., Wuppertal-Barmen, Meckelstr. 32.
- Merz, Ludwig**, Ing., Leverkusen, Mendelssohnstr. 22.
- Metzenauer, Eduard**, Wuppertal-Sonnborn, Garteniale 35.
- Meyer, Gustav**, Dir., Wuppertal-Elberfeld, Ullendahler Str. 353.
- Meyer, Heinrich**, Ing., Wuppertal-Barmen, Sedanstr. 63.
- Meyer, Otto**, Dipl.-Ing., Wetter (Ruhr), Ruhrstr. 8.
- Micneis, Theodor**, Dipl.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, Freystraße 49.
- Mittelsten-Scheid, Erich**, Ingenieur, Wuppertal-Barmen, Hohenstaufenstraße 22.
- Möhle, Theodor**, Ing., Lüttringhausen, Yorkstr. 16.
- Momberg, Werner**, Techn., Mettmann (Rhld.), Schulstr. 2.
- Moulijn, Eco**, Ing., Den Haag, (Niederlande), Frankenstr. 29.
- Muckenhaupt, Paul**, Wuppertal-Wichlinghausen, Grafenstr. 9-11.
- Mühlinghaus, Alex.**, Ing., Neviges, Siebeneikerstr. 138.
- Müller, Artur**, Ing., Wuppertal-Barmen, Stahlstr. 12.
- Müller, Richard**, Kabelmeister, Wuppertal-Elberfeld, Gutenbergstraße 19.
- Niepmann, Carl**, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Röntgentreppe 9.
- Nolzen, Artur**, Ing., Wuppertal-Ronsdorf, Goldlackstr. 37.
- Nolzen, Hermann**, Ing., Wuppertal-Wichlinghausen, Freiheitstraße 13.
- Nowak, Waldemar**, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Kabelstr. 2.
- Oelkers, Adolf**, Ing., Wuppertal-Vohwinkel, Schlieffenstr. 85.
- Pasche, Erich**, Dipl.-Ing. i. BEV, Wuppertal-Barmen, Verwaltungshaus.
- Peschel, Hermann**, Ing., Langenberg (Rhld.), Hauptstr. 30.
- Peters, Emil**, Ing., Iserlohn i. W., Heinrichsallee 56.
- Petri, Gustav**, Ing., Wuppertal-Elberfeld, In den Birken 17.
- Petzelt, Hermann**, Ing., Wuppertal-Barmen, Lönsstr. 55.
- Philipp, Walter**, Ing., Hagen i. Westf., Buscheystr. 50.
- Platthans, Heinrich**, Ing., Witzhelden (Rhld.), Nüsenhöfen 1 b.
- Pöhler, Karl-Heinz**, Ing., Hagen i. Westf., Richard-Wagner-Str. 2.
- Pohlmann, Josef**, Haan (Rhld.), Bahnhofstr. 86.
- Pommer, Adolf**, Wuppertal-Elberfeld, Bussardweg 24.
- Popp, Arthur**, Ing., Wuppertal-Cronenberg, Vonkeln 3.
- Powik, Werner**, Ing., Wuppertal-Barmen, Normannenstr. 41.
- Preisling, Paul**, Betr.-Ing., Remscheid-Lennep, Düstergasse 12.
- Pütz, Franz**, Ing., Leverkusen-Küppersteg, Alte Landstr. 81.
- Putzki, Herbert**, Ing., Allendorf, Kirchstr. 52.
- Quante, Hermann**, Ing., Wuppertal-Vohwinkel, Wilhelmwerk.
- Quante, Wilh.**, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Ullendahler Str. 353.
- Quastenberg, Alfred**, Betr.-Ing., Remscheid, Bismarckstr. 76.
- Quel, Hans**, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Dewerthstr. 105.
- Reichow, Werner**, Ing., Wuppertal-Vohwinkel, Reuterstr. 5.
- Reinach, Ludwig**, Generaldirekt., Dr.-Ing., Wuppertal-Barmen, Kapellen 8.
- Reisdörfer, Eugen**, Ing., Solingen, Am Birkenweiher 25.
- Rempel, Kurt**, Ob.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, Briller Str. 24 a.
- Rengier, Heinrich**, Dr.-Ing., Baurat, Wuppertal-Barm., Schönebecker Str. 40.
- Richter, Gustav**, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Guerickeweg 18.
- Richter, Walter**, Ing., Solingen, Uhlandstr. 8.
- Riedel, Gerd**, Ing., Wuppertal-Vohwinkel, Herderstr. 7.
- Riepe, Ewald**, Ob.-Ing., Wuppertal-Barmen, Huldastr. 29.
- Rietz, Klaus**, Dipl.-Ing., Leverkusen-Wiesdorf, Gust.-Kekule-Straße 20.
- Ringpfeil, Werner**, Ing., Leverkusen-Küppersteg, Eifelstr. 6.
- Rode, G.**, Dipl.-Ing., Gevelsberg, Hagener Str. 379.
- Roelig, Hermann**, Dr.-Ing., Leverkusen-Wiesdorf, Hauptstr. 88.
- Römer, Hans**, Ing., Lippstadt, Barbarossastr. 69.
- Röntgen, Eugen**, Wuppertal-Sudberg, Stiepelhaus.
- Rösen, Wilhelm**, Ing., Iserlohn i. W., Josefstr. 19.
- Roetger, Fritz**, Ing., Plettenberg, Hechmeckerweg 21.
- Röth, Otto**, Dipl.-Ing., Wuppertal-Ronsdorf, Talsperre.
- Rohde, Heinz**, Ing., Wuppertal-Barmen, Gewerbeschulstr. 48.
- Rose, Konrad**, Dir., Dipl.-Ing., Lippstadt, Langestr. 69.
- Rosenbauer, Josef**, Solingen-Gräfrath, Schulstr. 48.
- Roßbach, Wilhelm**, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Hainstr. 84 b.
- Roßberg, Hans**, Dipl.-Ingenieur, Gevelsberg, Brüderstr. 6.

- Roth, Kurt, Dipl.-Ing., Gleiserbrück, Post Langemei (Sauerland).
- Rust, Georg, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Engels-Allee 299.
- Ruthenbeck, Otto, Ing., Heppingsen, Post Sundwig, Kr. Iserlohn.
- Sambrowsky, Ernst, Techn., Wuppertal-Barmen, Wichlinghausenstraße 81.
- Sander, Franz, Prüfm., Wuppertal-Barmen, Fingscheidstr. 12.
- Sauder, Carl, Ob.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, Heimatplan 13.
- Schäfer, Egon, Ing., Wuppertal-Barmen, Schloßstr. 3.
- Schau, Alfred, Dipl.-Ingenieur, Wuppertal-Barmen, Seydlitzstr. 15.
- Schell, Hans, Werkmstr., Wuppertal-Barmen, Viktoriastr. 27.
- Schlag, Carl, Abt.-Leiter, Leverkusen, Johannisburger Str. 13.
- Schlieck, F. H., Ing., M.-Schmidt-hausen, Post Löh ü. Schalksmühle.
- Schlieper, Reinh., Konstr., Radevormwald, Blumenstr. 20.
- Schmale, Helmut, Ing., Iserlohn i. W., Hövelstr. 27.
- Schmidt, Alfons, Ing., Arnsberg, Löckestr. 14.
- Schmidt, Ernst, Brilon-Wald, Korbacher Straße.
- Schmidt, Georg, Ing., Solingen-Hösten, Waldhaus 54.
- Schmidt, Heinr., Ob.-Ing., Leverkusen-Schlebusch, Mauspfad 2.
- Schmidt, Max, Ing., Solingen, Wiener Str. 26.
- Schmidt, Paul, Ing., Wuppertal-Barmen, Kronenstr. 10.
- Schmidt, Wilh., Zivil-Ingenieur, Wuppertal-Barmen, Druckerstr. 2.
- Schmidt-Balve, Alfred, Ingenieur, Wuppertal-Sonn., Alte Dorfstr. 40.
- Schmitz, Walter, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Griffenberg 191.
- Schneeloch, Arnulf, Solingen, Benrather Str. 67.
- Schneider, Hans, Ing., Backnang, Röntgenstr. 18.
- Schneider, Fritz, Ing., Berleburg, Roonstr., B. H.
- Schöler, Bruno, Ing., Wuppertal-Sonn., Am Thurn 33.
- Schönerstein, Fritz, Ing., Wuppertal-Barmen, Grönhoffstr. 9.
- Schönerstein, Günter, Elektro-Mech., Wuppertal-Barmen, Grönhoffstr. 9.
- Schönlau, Max, Ob.-Ing., Wuppertal, Zur Waldesruh 40.
- Scholte, Otto, Ing., Nierenhof (Ruhr), Alte Poststr. 185.
- Schrupp, Fritz, Ing., Alsdorf b. Betzdorf, Hauptstr. 108.
- Schübbe, Carl, Ing., Gevelsberg, Wittener Str. 12.
- Schüler, Hermann, Ob.-Ingenieur, Siegen, Kirchweg 6.
- Schwenkhagen, H. F., Prof. Dr.-Ing., Wuppertal-Vohw., Rubensstr. 4.
- Seifert, Gerd, Dipl.-Ing., Brilon, Bredecketal 14.
- Seiffert, Erich, Betr.-Dir., Wuppertal-Barmen, v.-Behring-Str. 29.
- Seulen, Gerh., Dr.-Ing., Remscheid, Hammersberger Str. 31.
- Sieben, Bruno, Wuppertal-Elberfeld, Talstr. 70.
- Sleper, Hermann, Dipl.-Ing., Remscheid, Wallburgstr. 8.
- Sillmann, Rolf, Ing., Winterhagen ü. Remscheid-Lennep, Wiehagen 238.
- Sommer Kurt, Ing., Wuppertal, Schleswiger Str. 20.
- Sondick, Erich, Techn., Wuppertal-Barmen, Sonnenstr. 77.
- Soons, Josef, Wuppertal-Elberfeld, Dewerthstr. 64.
- Specht, Wilh., Ing., Wuppertal-Elberfeld, Briller Str. 14 a.
- Spielmann, A., Ing., Beienbach 18, Post Netphen, Kr. Siegen.
- Spies, Wilh., Ing., Wuppertal-Barmen, Lönsstr. 43.
- Spiller, K. H., Dr.-Ing., Wetter (Ruhr), Wilhelmstr. 64.
- Sprenger, Erich, Ing., Wuppertal-Barmen, Friedr.-Engels-Allee 317.
- Stein, Fritz, Ing., Wuppertal-Barmen, Schönebecker Str. 141.
- Steinseifer, Fritz, Ing., Oberhausen ü. Siegen, Haus 4.
- Steudel, Helmut, Dr.-Ing., Leverkusen, Karl-Kreheter-Str. 7.
- Stöcker, Robert, Ing., Wuppertal-Elberfeld, Friedr.-Ebert-Str. 191.
- Stoffel, Wilh., Siegen, Sandstr. 30.
- Strickmann, Heinr., Techn., Essen-Kupferdreh, Nierenhofer Str. 61.
- von Strom, Eugen, Wuppertal-Barmen, Rütliweg 13.
- Stupp, Theo, Ing., Hagen i. W., Hochstr. 47/49.
- Theiß, Karl, Siegen i. W., Uhlandstraße 71.
- Thiel, Hans, Dipl.-Ing., Wuppertal-Barmen, Tannenstr. 95.
- Tiemann, Karl, Elektro-Werkmstr., Wuppertal-Elbf., Kasinostr. 22.
- Vedder, Karl, Ing., Schalksmühle, Hindenburgstr. 51.
- Vedder, Peter, Ing., Schalksmühle, Viktoriastr. 55.
- Veller, Hans, Ing., Hagen i. W., Baufeldstr. 21.
- Viertel, Gerhard, Dipl.-Ing., Wuppertal-Elberf., Triebelscheide 3.
- Vogt, Wilhelm, Konstr., Wuppertal-Ronsdorf, Hordenbachstr. 10.
- Volkmann, Hubert, Ing., Elleringhausen ü. Bestwig, Dorfstr. 45.
- Vollrath, Bernhard, Dipl.-Ing., Wuppertal-Vohwinkel, Kirschsiepen 18.
- Waller, Willi, Ing., Solingen-Weyer, Weyerstr. 184.
- Wagner, Johs, Ing., Wuppertal, Am Dorpweiher 51.
- Weber, Paul, Elektro-Mstr., Müsen ü. Kreuztal, Hauptstr. 113.
- Weger, Hans, Ob.-Ing., Wuppertal, Klingelholl 55.
- Wegesin, J., Ing., Olpe i. W., Auf dem Gallenberg 5.
- Wemken, Helmut, Ing., Hagen (Westf.), Mainstr. 13.
- Wenzel, Voerde (Westf.), Loher-nockenstr. A 8.
- Werner, Erich, Dipl.-Ing., Wuppertal, Bismarckstr. 57.
- Wernik, Heinz, Ing., Wuppertal-Vohwinkel, Gebhardstr. 8.
- Westhoff, Leonh., Dipl.-Ing., Leverkusen, Saarlauterner Str. 43.
- Wewer, Otto, Ing., Wuppertal-Vohwinkel, Gräfrather Str. 97.
- Wuchsa, Max, Wuppertal-Barmen, Goldammer Str. 9.
- Wickler, Herbert, Ob.-Ing., Weidenau (Siege), Bismarckstr. 8.
- Wiegand, Fried., Dipl.-Ing., Siegen, Waldstr. 26.
- Wiersbowski, Alfred, Ing., Wuppertal-E., Friedrich-Storck-Weg 12.
- Wingen, Jakob, Betr.-Ltr. i. Berg-Stahlindustrie, Remscheid.
- Wirths, Otto, Elektro-Techn., Wuppertal-Cronenberg, Berghauser Str. 31.
- Wischeropp, Hans, Dipl.-Ing., Essen-Kupferdreh, Kraftwerke.
- Wolff, Theodor, Ober-Ing. a. D., Wuppertal-Elbf., Marienstr. 87.
- Wolters, Hans, Dipl.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, Am Acker 7.
- Wortmann, Karl, Ing., Neviges (Rhld.), Fingscheidstr. 143.
- Wuppermann, Max, Dipl.-Ing., Wuppertal-Elberfeld, Am Buchhäuschen 70.
- Wüsten, Hans, Elektro-Meister, Wuppertal-Elbf., Hansastr. 73.
- Wulf, Carl, Konstr., Wuppertal-Elberfeld, Frankenstr. 1.
- Zerelles, Martin, Dipl.-Ing., Wuppertal-Elberf., Walkürenallee 7.
- Ziehlsdorf, Ernst, Ing., Wuppertal-Barmen, Freiheitstr. 41.

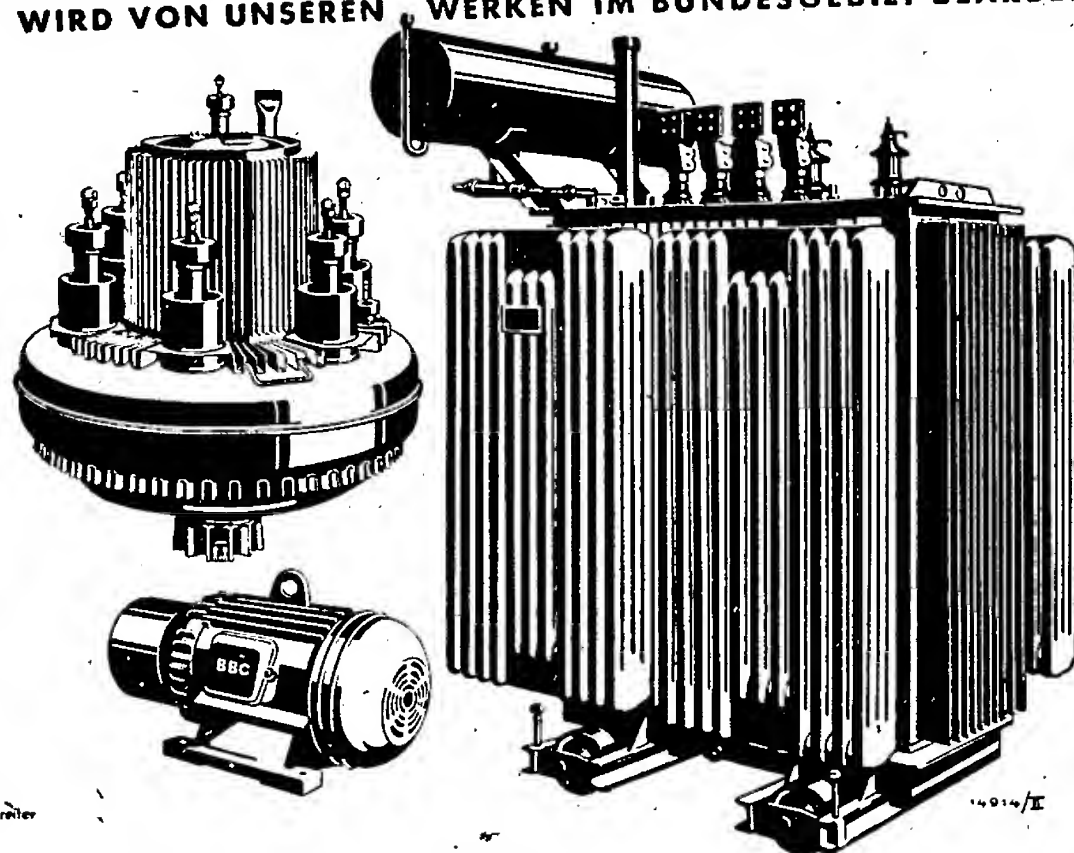
Korporative Mitglieder

- Accumulatorenfabrik Wilhelm Hagen, Soest i. Westf., Thomästraße 27.
- Accumulatoren-Fabrik, Ing.-Abt. Köln, Köln, Engelbertstr. 24.
- Accumulatorenwerk Hoppecke Carl Zoeller & Sohn, Hoppecke i. Westf.
- Ackermann, Albert, elektr. Bedarfsart., Gummersbach.
- Ackermann, Jakob, Elektro-Geräte f. Kfz., Niedermarsberg i. W., Hauptstr. 42.
- Agalitwerk Kottwinkel & Co., Milspe i. W., Voerder Str. 77.
- Agfa Aktiengesellschaft für Versorgungsunternehmen im Ennepe-Ruhr-Kreis, Gevelsberg i. W.
- Alexanderwerk A.-G., Remscheid, Kippdorfer Str. 24.
- Arntz, Louis, Elektr. Apparate, Lüdenscheid i. W., Knapperstraße 31.
- Bär, Carl, Ing., Schalksmühle, Hälver Str. 43.
- Barth & Pohl K.-G., Elektro-Reparaturwerke, Hagen i. Westf., Rehsiepenweg 17.
- Berg, Elektr. - Versorgung G. m. b. H., Wuppertal-Barmen, Wegenerstr. 13-15.

- Berg-Kabelwerk Ernst Möllmann, Wuppertal-Barmen, Wartburgstraße 18 a.
- Gebr. Berker, Schalksmühle i.W., Klagebach 39.
- Bisterfeld & Stolling, Radevormwald, Bahnstr. 9-13.
- Bosbach, Wilhelm, elektr. Haushaltsgeräte, Remscheid-Lennep, Bahnhofstr. 9.
- Brökelmann, Jaeger & Busse K.-G., Neheim-Hüsten, Schobstraße 1.
- Clausen & Petermann, Elektromotoren-Fabrik, Hagen-Haspe, Karlstr. 24.
- Cloer, Caspar, Metallwaren-Fabrik, Neheim, Burgstr. 19/23.
- Crone & Heinz, Lüdenscheid i. W., Worthstr. 31.
- Dankowski, Emil, Solingen-Wald, Wittkuler Str. 8.
- Dornseif & Linde, Kierspe i. W., Friedrich-Ebert-Str. 319.
- Eichhoff-Werke G. m. b. H., Lüdenscheid, Buckesfelder Str. 101.
- Etck & Groll, Fabr., Kierspe i.W., Am Timmersberg 22.
- Eisen-Metallgesellschaft Elektrowerk G. m. b. H., Radevormwald, Bahnstr. 41043.
- Elektro-Gerätebau Ernst Brune & Ludwigsen K.-G., Schalksmühle i. W., Bahnhofstr. 7.
- Elektromechanik G. m. b. H., Wendenerhütte, Kr. Olpe i. W.
- Elektrotechn. Fabrik Wolfes & Weide G. m. b. H., Gummersbach, Postfach 101.
- Elektro - Waskönig, Elektro-Gerätebau, Wuppertal-Elberfeld, Gesellenstr. 9-13.
- Eltrolud E. Schmidt & Co., Lüdenscheid, Hohe Steinert.
- Emde, August, Fabr., Radevormwald, Blumenstr. 10.
- Erbschloe - Kabel G. m. b. H., Remscheid-Lüttringhausen.
- ESPA Elektro-Stanz- u. Preßwerk G. m. b. H., Wuppertal-Ronsdorf, Postfach 191.
- Farben-Fabrik Bayer, Wuppertal-Elb., Friedrich-Ebert Str. 217/333.
- Freihube, Hermann, Lüdenscheid i. W., Wehberger Str. 21.
- Fresen & Co., Fabr., Lüdenscheid i. W., Schlachthausstr. 14.
- Geiger, Wilhelm, G. m. b. H., Lüdenscheid i. W., Lohestr. 27.
- Giersiepen, Richard, Elektrotechn. Fabrik, Bergisch Born, Kr. Lennep.
- Giersiepen, Wilhelm, Elektrotechn. Fabrik, Radevormwald, Weststr. 7.
- Greve, Edmund, G. m. b. H., Elektr. Industrie-Anlagen, Radevormwald, Kaiserstr. 105.
- von Hagen, Wilh. Wwe., Iserlohn i. W., Gerlingser Weg.
- Hasenjäger, Wolf, Burscheid, Hauptstr. 87.
- Helln Hagener Elektro-Industrie G. m. b. H., Hagen-Vorhalle, Sporbecker Weg 1.
- Hensel, Gustav, Elektro-Fabr. G. m. b. H., Altenhundem, Westf.
- Dr. Herberts & Co., Lackfabrik, Wuppertal-Barmen, Christbuschstraße 25.
- Herzog & Cie., Düsseldorf-Holthausen, Reisholzer Werftstr. 44.
- Hoffmeister & Sohn, Lüdenscheid i. W., Am Neuen Haus 4.
- Hühn, Ernst, Schwelm i. W., Weststr. 16/18.
- Jung, Albrecht, Schalksmühle i. W.
- Junker, Otto, G. m. b. H., Gevelsberg, Jahnstr. 24.
- Justus, Eckhard, Wuppertal-Elberfeld, Am Forsthoof 49.
- Kabel- u. Drahtwerke A.-G., Kabelwerk Vohwinkel, Wuppertal-Vohwinkel, Schließfach 93.
- Kabelwerk Frowein, G. m. b. H., Wuppertal-Wichlinghaus., Märkische Str. 16.
- Kabelwerk Reinshagen G.m.b.H., Wuppert.-Ronsd., Dieckerstr. 23.
- Kabelwerk Wagner K.-G., Wuppertal-Nächstebreck, Wittener Straße 239.
- Kaiser & Co., Neheim-Hüsten, Möhnestr. 55.
- Kaiser & Spelsberg, Schalksmühle i. W., Jahnstr. 1.
- Kalweit, Erich, Solingen, Florastraße 64.
- Kampschulte, Dr., Solingen, Schützenstr. 66—70.
- Kostal, Leopold, Lüdenscheid i. W., Wiesenstr. 47.
- Kracht, Pumpen- u. Motoren-Fabr., Werdohl, Plattenberger Str. 4-6.
- Krägeloch, Hans, Wuppert.-Lgfd., Langenfelder Str. 129.
- Krägeloch & Co., Theodor, Dahlerbrück i. W., Glörstr. 5.
- Krefft, W., A.-G., Gevelsberg, Mühlenstr. 5—31.
- Kromberg & Schubert, Kabel, Isolierrohr und Elektromotoren, Wuppertal-Langerfeld, Spitzenstraße 37.
- Kronprinz A.-G., Solingen-Ohligs, Oberwalder Str. 16—26.
- Kücke & Co., Werkzeug, Lederwarenfabrik, Wuppertal-Elberf., Deckershäuschen 3—5a.
- Küpper & Kauls, Heiligenhaus, Kettwiger Str. 14.
- Longinus, K. W., Elektro-Gerätebau, Ringelstein, Kreis Büren i. W.
- Maybaum, Metallwarenfabrik, Sundern i. W., Kr. Arnsberg.
- Mayer & Co., G. m. b. H., Neheim-Hüsten, Am Wagensberg.
- Merten, Gebr., Gummersbach, Kaiserstraße 150.
- Metallwerk Elektra, Siebert & Brockhaus K.-G., Gummersbach, Kaiserstr. 104.
- Metzenauer & Jung K.-G., Wuppertal-Elbf., Charlottenstr. 88.
- Michels & Co., St. Vit, Kr. Wiedenbrück.
- Müller, Fritz, Leitungsdrahtfabrik, Wuppertal-Nächstebreck, Haßlinghauser Str. 102.
- Müller, J. u. W., G. m. b. H., Opladen (Rhld.).
- Nachtrodt, Wilhelm, Schalksmühle i. W., Vitoriastr. 26.
- Neumärker, Ernst, Elektro-Wärmegeräte, Westig i. W., Lohstr. 13.
- Pfeffer, Theodor, Witten (Ruhr), Ruhrstr. 88.
- Rademacher, Ernst, Hilden/Rhld., Hofstr. 34.
- Raffenberg, Gustav, Metallwarenfabrik, Iserlohn, Pütterstr. 6.
- Reichsbahndirektion Pressestelle, Wuppertal-Elberfeld.
- Schalttafelbau Rolf Bünker, Essen-Borbeck, Borbecker Str. 83.
- Dr. Schmitz-Apell, Industriebau, Wuppertal-Langerfeld, Clausewitzstr. 82—84.
- Schmitz, Otto, Wuppertal-Barmen, Robert-Koch-Platz 17.
- Schneider, Karl Heinz, Wermelskirchen, Grüne Str. 97.
- Schürmann, Gebr., Wuppertal-Elberfeld, Aue 15a.
- Schulte, F. J., G. m. b. H., Wipperfurth, Industriestr. 2.
- Schulte-Ufer, Josef, Sundern, Kr. Arnsberg, Hauptstr. 18.
- Senthe, August, Hemer i. W., Elsa-Brandström-Str. 21.
- Sieling, Paul, Lüdenscheid, Kölner Straße 49.
- Specht, Elektrizitätsgesellschaft, Wuppertal-Elberfeld, Schwanenstraße 33.
- Stadtwerke Iserlohn, Iserlohn i. W., Stefanstr. 6—8.
- Stadtwerke Solingen, Abt. Elektrizitätswerk, Solingen, Gasstraße 22.
- Städt. Straßenbahnen, Solingen.
- Starkstrom - Schaltgerätefabrik E. Spindler & O. Deißler, Gummersbach-Niedernhagen.
- Thielenhaus, Ernst, Masch.-Fabrik, Wuppert.-Barm., Rudolfstr. 2—4.
- Vollmann, Otto, Glühlampenfassungen, Gevelsberg, Rosendahlerstr. 98.
- Vorwerk & Co., Maschinenfabrik, Wuppertal-Barmen, Karolinenstraße 48—64.
- Voßloh-Werke, G. m. b. H., Werdohl, Steinwerth.
- Wardenbach, Erich, Imhausen b. Aue a. d. Sieg.
- Waskönig, Walter, Kabel — Gummiwerk, Wuppertal-Langerfeld, Schwelmer Str. 173.
- Wenzel & Co., Erich, Wülfrath, Am Pütt 4.
- Werthmann, Albert, Lüdenscheid, Worthstr. 2.
- Wertmann, August, Wuppertal-Wichlinghausen, Rheinische Straße 125.
- Westfälische Metallindustrie Ernst Stenner, Menden i. W., Fröndenberger Str. 89-91.
- Wetzel, Wilhelm, Fabrik elektr. Heizkissen, Wuppertal-Elberf., Treppenstr. 8.
- Wuppertaler Stadtwerke, Wuppertal-Barmen, Wegenerstr. 15.

BBC

**DAS GESAMTE GEBIET DER STARKSTROMTECHNIK
WIRD VON UNSEREN WERKEN IM BUNDESGBIET BEARBEITET**



PLANUNG UND BAU VOLLSTÄNDIGER KRAFTWERKE

— eines unserer großen Arbeitsgebiete — faßt jahrzehntelange Erfahrungen in der Starkstromtechnik zusammen. Von den Maschinen und Geräten zur Erzeugung elektrischer Energie bis zum letzten Hilfsgerät für ihre Anwendung stellen wir alles her.

Sonderschriften unterrichten Sie über unsere Erzeugnisse, ihren Aufbau, ihre Wirkungsweise u. Anwendung u. über ihre Vorzüge.

BROWN, BOVERI & CIE. AG., MANNHEIM
TECHNISCHE BÜROS AN ALLEN BEDEUTENDEN PLÄTZEN



WIR BAUEN UND LIEFERN FÜR
ELEKTRIZITÄTWERKE, INDUSTRIE- UND BERGBAU-BETRIEBE

HOCH-UND NIEDERSPANNUNGS-HOCHLEISTUNGS-
SICHERUNGEN

KOMPLETTE NIEDERSPANNUNGS-SCHALTANLAGEN

KABEL-VERTEILERSCHRÄNKE UND SYSTEME

NIEDERSPANNUNGS-SCHALTGERÄTE

ZUBEHÖR FÜR HOCHSPANNUNGS-SCHALTANLAGEN

Gekittete und kittlose Stützer und Durchführungen

Trennschalter · Schub-Trennschalter

Sicherungsträger · Trennsicherungen

Leistungs - Trennschalter

Motorantriebe · Kraftspeicher · Handantriebe

Schalt- u. Erdungsstangen · Bedienungszangen

Leitungsträger · Konus-Klemmen

Spezialausführung von Schaltgeräten

Sicherungen und Sicherungszubehör

FRITZ DRIESCHER K.G.

ELEKTROTECHNISCHE SPEZIALFABRIK FÜR ELEKTRIZITÄTWERKSBEDARF

RHEYDT/RHEINLAND

FERNRUF RHEYDT 42060

Alphabetisches Namenverzeichnis

Hinweis: Elektrizitätswerke und Stromversorgungsunternehmen sind unter E verzeichnet

Seite	Seite	Seite	Seite
Abel, Bernhardt . . . 51	Allgemeine Elek- tricitäts-Ges. Karlsruhe . . . 35	— Ernst . . . 46	— Karl . . . 39
Aberger, Heinz- Dietrich . . . 33	— Kassel . . . 37	— Gerhard . . . 57	Bail, Günther . . . 52
Abolins, Arnold . . . 9	— Kiel . . . 39	— Heinz . . . 6	Bairlein, Hans . . . 46
Absmeier, Georg . . . 46	— Köln . . . 42	— Walter . . . 57	Baldauf, Heinrich . . . 57
Accumulatoren- Fabrik A.-G., Hamburg . . . 29	— Mannheim . . . 45	Arnst, Eduard . . . 17	de Ball, Norbert . . . 9
Accumulatoren- fabrik Wilhelm Hagen . . . 67	— Schaltgeräte- Zweigwerk Men- den . . . 16	Arntz, Louis . . . 67	Ballauf, Armin . . . 42
Accumulatoren- Fabrik Ing.-Abt. Köln . . . 67	— Fabrik für Elek- trobeheizung, Nürnberg . . . 55	Aroid, Karl-Heinz . . . 9	Baller, Hans-Georg . . . 4
Accumulatoren- fabrik Hoppecke Carl Zoeller & Sohn . . . 67	— Stuttgart . . . 63	Artmann, Hans . . . 30	Balzen, Josef . . . 9
Achmus, Walter . . . 2	Allmendinger, Karl Alpheis . . . 30	— Hans . . . 39	Balzer, Willy . . . 2
Ackermann, Albert — Jakob . . . 67	Alps, Franz . . . 9	Artweiger, Josef . . . 46	Banhart, Eugen . . . 57
— Oskar . . . 5	Altena, Walter . . . 9	Arzmeier, Alfons . . . 46	Baranowski, Willi . . . 24
Adam, Emil . . . 37	Alt Müller-Ludwig . . . 24	Asam, Hubert . . . 46	Bardmann, Karl . . . 24
— Kurt . . . 52	Altpeter, W. . . . 33	Asheck, Egon . . . 9	Bareuter, H. . . . 17
Adams, G. . . . 17	Altstaedt, Ernst . . . 24	Aschenbrenner, Rudolf . . . 46	Barkey, Werner . . . 30
Adels, Tony . . . 39	Aluminium G.m.b.H. . . . 23	Ast, Helmut . . . 37	Barkow, W. . . . 17
Adler, Wilhelm . . . 32	Amann, Rudolf . . . 33	von Atens, Fritz . . . 5	Bartels, Edo . . . 30
Adolf, Emil . . . 39	Amerlan, Karl- Heinz . . . 24	Auer, August . . . 52	— Karl . . . 39
Adolph, Hermann . . . 52	Ammermann, Hans- Joachim . . . 24	— Manfred . . . 57	— Konrad . . . 17
— Johannes . . . 24	— K. . . . 35	Aull, R. . . . 17	— Lothar . . . 52
Adt A.-G. . . . 22	v. Ammon, Gustav . . . 46	Aulmann, Arnold . . . 46	— Martin . . . 39
Agalitwerk Kott- winkel & Co. . . 67	Anders, R. . . . 37	Aumann, Willy . . . 9	Bartenbacher, Rud. . . 46
Ahlbach, Theodor . . . 1	Andree, Otto . . . 9	— W. . . . 3	Barth, K. . . . 17
Ahlert, Dietrich . . . 64	Andreesen, Karl . . . 30	Aumüller, Hans . . . 57	Barth, Raphael . . . 46
— Hermann . . . 9	Andres, Fritz . . . 17	Austgen, Josef . . . 6	Barth & Pohl, K.-G. . . 67
Ahrens, E. . . . 37	Andresen, Hugo . . . 24	Autenrieth, K. . . 17	Barthel, Herbert . . . 6
— Victor . . . 9	Anger, Curt . . . 24	Baar, Otto . . . 33	Barthold, Alwin . . . 9
Albers, Georg . . . 30	Angern, Edm. . . . 2	Baatz, Herbert . . . 57	Bartholdt, Theodor . . . 24
— Reinh. . . . 9	Angert, Hans . . . 42	Babin, Karl-Heinz . . . 9	Bartholomä, Peter . . . 37
Albert, Bruno . . . 9	Angstmann, Otto . . . 23	Bach 17	Bartl, Klemens . . . 52
— Helmut . . . 9	Anies, Hellmut . . . 24	Bach, Helmut . . . 33	Bartlewski, Franz- Josef 52
Albrecht, Emil . . . 2	Ann, Otto . . . 24	Bachmann, Walter . . . 52	Barton, Johannes . . . 57
— H. . . . 17	Anthes, Hans . . . 64	Backfisch, Richard . . . 57	Bartz, Gerhard . . . 9
— Karl 5	Antretter, Josef . . . 46	Backhaus, Hans . . . 64	Basse, Gerh. . . . 4
— R. . . . 30	Apelt, Gerhard . . . 9	Backhaus, Karl . . . 52	Barth, W. . . . 30
Alex, Peter-Bruno . . 37	Apfel, Josef . . . 17	Backhaus, Kurt . . . 33	Bathelt, Arthur . . . 52
Alexanderwerk A.-G. . . . 67	Apparatebau Wilh. Heibl 55	Bade, Heinrich . . . 24	Bau, Waldemar . . . 30
v. Alkier 30	Appel, Hans . . . 35	Badenhop, Fritz . . . 52	Bauch, Hans . . . 52
Alles 17	— Ludwig . . . 46	Bader, Gebr. . . . 55	Bauder, H. G. . . . 46
Allgemeine Elek- tricitäts-Ges. Bremen 6	von Appen, Harald . . 24	Bader, Wilhelm . . . 57	Bauk, Joachim . . . 37
— Duisburg . . . 16	Appuhn, Hans . . . 42	Bad Nauheim Der Bürgermeister der Stadt . . . 200	Bauer, Adam . . . 52
— Düsseldorf . . . 8	Arend & Stafforst, Elektrotechnische Industrie . . . 16	Bäcker, Wilhelm . . . 24	— Alfred . . . 52
— Essen 16	Arendt 17	Bäder, Wilhelm . . . 57	— Ernst . . . 17
— Frankfurt . . . 22	Arens, Wilhelm . . . 37	Baehr, Hugo . . . 2	— Everhard . . . 2
— Freiburg i. Br. . . 23	Arndt, Erich . . . 39	Bähr, Wilhelm . . . 30	— Ewald . . . 30
— Hamburg . . . 29	Arndt, Ernst- Moritz 9	Bär, Carl 67	— Friedrich . . . 9
— Zählerfabrik Hameln 32	— Karl 9	Bär, Josef 52	— H. . . . 42
	Arnecke, Werner . . . 42	Baer, Karl-Willi . . . 33	— Hans 39
	Arnold, A. . . . 17	Bäuerle, W. . . . 33	— Hans 52
		Bäumel, Erwin . . . 46	— Helmut . . . 52
		Bäumler, Heinz . . . 9	— Hermann . . . 57
		Bagensky, Heinz . . . 17	— Johs. . . . 64
		Baginski, Willi . . . 6	— Karl 52
		Baier, Ewald . . . 9	— Karl 42
			— Karl 46
			— Max 9
			— Wilhelm . . . 39
			Baugesellschaft für elektr. Anlagen . . . 8
			Baum, Kurt 24
			Baumann, Richard . . . 57

Seite	Seite	Seite	Seite
la Baume, Horst . . . 24	Behne, F. jr. . . . 17	Bester, Hermann . . 42	Bochumer Elektro-
Baumgart, Karl . . . 39	Behnel, Hermann . . 24	Bethke, Walter . . . 24	motorenwerk . . . 16
Baumgarten, C. . . . 42	Behnke, Otto 24	Betz, A. 17	W. Vogelsang . . . 30
Baumgartner, Adolf . 39	Behnsen, H. 30	— Ernst 57	Bock 30
Baumgartner, Franz . 39	Behr, Hans-Georg . . 52	— F. Ph. 33	— Friedrich 64
Baunach, Ludwig . . . 9	Behrends, Kurt . . . 9	Beuschel, Hans . . . 35	— Fritz 35
Baur, Adolf 1	Behrendt, Karl . . . 35	Beutler, Fritz . . . 39	— Walter 64
— Alex. 64	Behrens, Helmut . . 30	Beyerle, Herbert . . 46	Bockemüller, Otto . 30
Baurmann, Karl . . . 39	— Johann 56	Beyersdorff, Wilh. . 56	Bockwoldt, Georg . . 9
Bausch, Hermann . . 57	Behret, P. 33	Beyling, Curt 9	Boddenberg, Roland . 57
Bax, Adolf 52	Behrmann, Wilhelm . 9	Bezner, Albert . . . 57	Bode, Hermann 24
— Hans 5	Beier, Harry 30	v. Biedenfeld, Frei-	— O. 17
Bayer, Hans 46	Beiler, Alex. 5	herr, Hans 56	— Walter 9
Bayer, Paul 33	Beindorf, Werner . . 39	Biedenkopf, W. . . . 17	Bodenmüller,
Bayerische Elektro-	Beines, H. 17	Biedermann, R. . . . 17	Gustav 63
zubehör G.m.b.H.	Beintker, Wolfgang . 42	Biederstedt, Ulrich . 46	Boebel, Armin 9
Elektrotechnische	Beissbarth, Rudolf . . 9	Bielefeld, Walter . . 17	Böcker, Helmut . . . 42
Spezialfabrik 55	Beissel 1	Biella, Hch. 24	Boeckh, A. 33
Bayha, Hans-Joach. . 57	van Bel, Herwarth . . 64	Bier, Alex. 64	Böckle, Ernst 30
Bayha, Hellmuth . . . 24	Belecke, Josef 9	Bierer, Erwin 53	Böckmann, Artur . . . 9
v. Beaulieu-Mar-	Bell 1	Biermanns, Josef . . 35	Böger, Ludwig 64
connay 39	le Bell, Carl 24	Bihl, Konrad 57	Böhlig, Ernst 46
Bebensee, Franz . . . 9	Bellen, H. 17	Bille, Hans 1	Boehm, Bernh. 57
Becherer, Alfred . . . 57	Bellin, Karl-Heinz . . 9	Biller, Hilmar 53	— Leop. 24
Bechtlin, W. 17	Bellm, Anton 42	Billerbeck, Wolf . . . 39	Böhm, Fritz 30
Beck, Eugen 57	Bellmann & Co. . . . 55	Bilo, Rudolf 1	— Robert 46
— Heinz 57	Bendel, Hermann . . 46	Bindewald, Adal-	Böhm, Hörle,
— Wilhelm 52	Bender, Erich 64	berg 4	Schuster & Co. . 63
Becker 17	— Karl 17	Birkenstadt, Heinr. . 40	Böhme, Franz 6
— Alex 9	Bendfeldt, Hans . . . 9	Birkhahn, W. 33	— Kurt 9
— Bringfried 24	Bendmann, P. 17	Birkmann, H. 17	Boehmler, Hugo . . . 57
— Eberhard 24	Bengs, Gerhard . . . 64	Birrenbach, H. . . . 40	Böhner, Hans 46
— Franz 42	Beniers, Matthias . . 51	Birstein, E. 30	— Hugo 35
— Franz-August . . . 17	Benkert, Emil 42	Bischof, Johannes . . 40	Böhning, P. 40
— Friedrich 9	Bensick, Walter . . . 2	Bischoff, Ernst 9	Böhnke, Karl 24
— Friedrich 17	Bente, Gustav 49	— Kurt 53	Boehringer, Robert . 57
— Georg 9	Bentz, Jürgen 5	Bisterfeld & Stolting . 68	Böke, Karl 2
— Günter 23	Bentze, Ernst 37	Bittelmeyer, Otto . . 57	Boekels, Hans 1
— Hans 9	Berg, H. 33	Bitter, Gerh. 4	Bösoldt, Friedrich . 53
— Hans 30	— Wilhelm 30	— Gustav 53	Böttiger, Günther . . 46
— Hans 56	— Wilhelm 42	Bittler, Heinz 30	Böwering, Julius . . . 9
— Heribert 9	— Wilhelm 64	Bitz, Josef 51	Bogen, Edmund 37
— Hugo 6	Berger, Josef 9	Blätchen, Wilhelm . . 57	Bogenschutz, Rud. . . 17
— Josef 1	— Paul 9	Blank, K. 33	Bogotz, Alfred 57
— Julius 9	— Rudolf 6	Blanz, Curt 57	Bohlig, Hans 9
— Kurt 42	Bergfelder, Rudolf . 39	Blasberg, Günther . . 64	Bohlken, Georg 5
— Leopold 24	Berghahn, Alfred . . 9	Blase, Werner 5	Bohn, Edmund 24
— Paul 9	Berghaus, Heinrich . 6	Blaser, Gustav 37	— Günter 35
— Paul 57	Berg-Kabelwerk	Blassneck, August . . 40	— Heinrich 64
— Theodor 24	Ernst Möllmann . . 68	Blath, Walter 5	Bohnfeld, Karl 35
— Valentin 46	Bergk, Arno 9	Blatzheim, Wilhelm . 40	Bohnsack, Hans 24
— Wilhelm 17	Bergmann, Fritz . . . 64	Bleck, Emil 42	Bojens, Christian . . . 24
— Wilhelm 23	— Hans 57	Bleicher, Erwin . . . 57	Bokemeyer, Erich . . 35
— Wilhelm 64	— Jan 33	Bleier, Gerhardt . . . 5	Boley, Helmut 57
Beckers, Richard . . . 42	— Kurt 9	Blied, Hans-Josef . . 40	Boll, G. 42
Beckert, H. 17	Bergmüller, Herm. . 23	Bloching, 57	Boller, Herbert 64
Beckhaus, Wilhelm . . 9	Bering, Theodor . . . 52	Christian 57	Bollmann, Ernst . . . 24
Beckmann, Aloys . . . 9	Berker, Gebr. 68	Block, Fried. Wilh. . 30	— Walter 42
— Friedr. 5	Berkermann, Fried-	— Wilhelm 37	— Walter 64
— Gerh. 24	rich 9	Blomerius, Robert . . 51	Bolloni, Franz 35
— Johs. 29	Berlitz, Günter . . . 64	Bloser, Hans 30	Bolze, Gerd 24
Bee, Heinr. 42	Berndt, Viktor . . . 64	Bludau, Gerhard . . . 42	Bonse, Bernhard . . . 9
Beenken, Carl-Diet. . 37	Berner, Alex. 57	Blümchen, Kurt 6	Bopp, Alfred 57
Beer, Friedr. 24	Bernett, Paul 46	Bluhm, Hans 6	Borchardt, Franz-
— Hans 52	Bernhard Max K.-G. . 63	Blume, Friedrich . . . 6	Josef 9
Beerbaum, Paul 52	Bernhard, Ottmar . . 57	— Karl 6	Borchart, Hans-
Beetz, A. 33	Bernhardt, Josef . . . 6	— Otto 9	Friedrich 9
Behaim, Eduard 46	Bernius, Hans 9	— Paul 24	Borcherding, Wilh. . . 2
Behle, Erich 9	Bernsmann, Albert . . 9	— Rudolf 9	Borchers, Karl 24
— Gustav 46	Berresheim, Ernst . . 6	Blumenschein,	Borchert, Franz 9
Behmann, Friedrich . 57	Bertermann, Walter . 57	August 57	— Karl 9
— Gerhard 35	Berthold, Karl 24	Blumhagen, Hans-	Borggräfe, Karl 2
Behncke, Heinrich . . 30	Besken, Karl 9	Joachim 37	Borgwardt, Fried. . . 24
Behne, F. sen. 17	Best, H. 17	Bobisch, Artur 9	— Gert 24
			Born, F. 17

Namenverzeichnis

71

Seite	Seite	Seite	Seite
Born, Fritz 46	Breiting, P. . . . 17	Brungsberg, Hein- rich 51	Busch, Hermann . . 25
— Wilhelm 40	Breitschwerdt, Eber- hard 57	Brunner, Heinrich . 46	— Josef 10
Bornhövd, J. . . . 17	— Erich 57	Bruns, Ernst-Heinr. . 9	— Robert 40
Bornitz, Erich . . . 9	— Wilhelm 57	Bruns, Karl 24	— Wilhelm 6
Borrmann, Fritz . . 6	Bremer, Karl . . . 30	— Richard 9	Buschbaum, Felix . 10
Bosbach, Wilhelm . 68	Bremiker, Ernst . 64	Brust, Hans 57	Buss, Gerd 40
Bosch, Hermann . . 57	Brendel, Otto . . 35	— Walter 42	— Karl 40
— Julius 57	Brennecke, Otto . . 4	Bubbenzer, G. . . . 40	Busse, Hanns . . . 64
— Karl 46	Brenneisen, Ernst . 23	Buchholz, Hans . . 4	Bussmann, Hermann 10
— Robert, G. m. b. H. 63	Breser, J. . . . 17	— Heinz 17	Butte, Karl 35
— Walter 57	Breßmer, Willy . . 57	— Max 35	Butterweck, Walter 58
Both, Carl 17	Bretschneider, . .	Buchmann, Ewald . 46	Buttmann, Arno . . 10
Bothe, Werner . . 53	— Bruno 6	Buchner, Georg . . 46	Butz, Eugen 58
Bothmann, Wilh. . 4	— Ernst 57	Buchwitz, Robert . 64	
Bott, Hermann . . 35	— Hans 57	Buck, Hans 24	Caesar, Ernst Lud- wig 40
Botz, Ludwig . . . 42	Brettschneider, . .	Budde, Heinrich . 10	Callens, Ludwig . . 6
Boucke, Heinz . . 57	— Walter 46	— Klaus 40	Calor-Emaq. Frankfurt 22
Bovenschen, Walter 30	Bretz, Erich . . . 51	Budig, Gustav . . 23	— Ratingen 8
Boye, Hans 24	Bretzel, A. . . . 17	Bücking, Kurt . . 10	Camenisch, Georg . 25
Boysen, Johann . . 6	Brewer, Christian . 9	Büdscheid 40	Campe, A. . . . 65
Braasch, Hans . . 24	Brink, Karl . . . 35	Bühler, Reinhold . 57	Canaan, Hans . . . 58
Brachthäuser, . .	Brinkmann, Curt . 40	Bührle, Hans-Adolf 33	Cante, Cornelius . 17
Hermann 9	— Friedrich . . . 40	Bühlhoff, F. J. . . 17	Capeller, Ruth . . 40
Brackelmann, Heinz 9	— Hans 9	Bünso, Carl 24	Caprano, Johannes 23
Brändle & Geiger . 63	— Karl 4	Bunte, Erich . . . 10	Caprano, Karl . . . 23
Bräutigam, Georg . 64	— Karl 9	Buer, Egon 10	Carbone A.-G. . . . 22
Brakelmann, . . .	Brinkmeyer, Heinz 17	Bürger, Hans-Georg 30	Carle, Albert . . . 58
Hermann 9	Britz, Lothar . . . 6	— Willy 57	— Fritz 17
Brammer, Dieter . 24	Brockhaus, Sieg- fried 9	Bürkel, Heinz . . . 35	Carrier, Heinrich . 10
— Karl 24	Brockmann, Hein- rich 40	Büsing, Heinrich . 30	Carstens, Wilhelm 29
Brand, Carl 56	— Wilh.-Malte . . 30	— & Steinmeyer . . 32	Cartus, J. . . . 17
— Emil 35	Brod, Willy . . . 35	Bütow, Walter . . 17	Casaretto, W. . . . 51
— Fritz 46	Brodesser, Heinz . 40	Büttgen, Wilh. . . 4	Caspari, Eduard . . 42
Brandes, Arthur . . 5	Bröcker, Paul . . 6	Büttner, Alexander 40	Cassella Farbwerke Mainkur 22
— Hermann 30	Bröckelmann, Jaeger & Busse K.-G. . . 68	— Gerhard 40	Causemann, Josef . 40
— Willy 64	Brömme, Otto . . 53	Bützer, Willi . . . 6	Cautius, Werner . . 6
Brandl, Josef . . . 46	Bronner, Eugen . . 57	Buff, Carl 5	Châtelain, Wilhelm 6
Brandt, Bruno . . 24	Brosche, Willy . . 37	— Helmut 42	Christ, Ernst . . . 35
— Carl 6	Brouer, Reinhold . 56	Buhlmann, Ludwig 23	— Heinz 6
— Erich 24	Brown, Boveri & Cie, Dortmund . 16	Buhr, Karl 64	Christensen, Joh. . 25
— Leo 6	— Essen 16	Buhren, Hermann . 10	Christians, W. . . . 65
— Leo 9	— Frankfurt a. M. . 22	Bulling, K. . . . 33	Christmann, Fritz . 46
Brandte, Karl . . 37	— Freiburg i. Br. . 23	Bunz, Rolf 25	— Hans 6
Brauberger, Paul . 57	— Karlsruhe . . . 35	Bunte, Bernhard . 30	— Otto 10
Brauer, Alfred . . 53	— Mannh.-Käfertal 45	Buntkirchen, Wilh. 10	Conzelmann, Paul . 58
— Walter 17	Brozler, E. . . . 17	Buntzel, Max . . . 1	Christophersen, Peter 37
Brauksiepe, Willi . 9	v. Bruchhausen, Bernd 40	Bunzl-Gecmen, Franz 53	Cieplowski, Klemens 10
Braun, Franz . . . 57	Bruchwilder, Wilh.- Georg 40	Burgard, Georg . . 10	Claas, Wilhelm . . 30
— Heinrich 9	Brüchert, Hermann . 24	Burger, Eduard . . 42	Claus, Georg . . . 25
— Heinrich 42	Brück, Georg . . . 5	— Hermann 57	Clausen, Heinr. . . 30
— Heinz 9	Brückmann, Friedr. 6	— Otto 23	Clausen & Peter- mann 68
— Ludwig 17	Brückner, Robert . 30	Burgers, Franz . . 10	Clemenz, Max . . . 65
— Max 22	Brückner, Robert . 9	Burghardt, Horst . 57	Clevert, Gerh. . . . 4
— Werner 33	Brückner, W. . . . 33	Burghoff, H. H. . . 42	Cloer, Caspar . . . 68
— Wilfried 17	Brüderlink, Robert 1	Burgholz, Rudolf . 10	Clostermann, Hermann 65
Braune, Richard . . 35	Brügmann, Paul . . 24	Burgmaier, Hugo . 57	Cohn, Alfred . . . 4
Brauns, Helmuth . 40	Brümmer, Franz . 24	Burisch, Norbert . 53	Collischonn, G. . . 17
Braxator, Hans . . 40	— Rudolf 9	Burkhard, F. . . . 17	Commes, Theodor . 1
Brecht, Heinrich . 57	— Theodor 51	— Leonhard 53	Concordia Elektrizitäts- A.-G. . . . 16
Brede, Horst . . . 9	Brünig, Oskar . . 24	Burkhardt, David . 57	Confinx, Paul . . . 1
Bredemeyer, . . .	Brüning, Bernhard . 1	— Heinrich 57	Conrad, Adolf . . . 17
Heinrich 5	— Karl 64	— Rudolf 57	— Hans 64
Bredenbeck, Ernst . 9	Brüninghaus, Walter 9	Burmeister, Gustav 37	— W. 17
— Ernst 64	Brüser, Adolf . . 51	— Herbert 25	— Wilhelm 51
Bredner, Rich. . . 24	Bruhn, Alois . . . 42	Burrichter, Heinz . 10	Continental-Gummi- Werke A.-G. . . . 32
Breckmann, Heinz . 17	Bruncken, Johannes 42	Busch, Alfred . . . 25	Conz, Elektrizitäts- G. m. b. H. . . . 29
Breider, Heinrich . 4	Brune, Bernhard . 42	— Ewald 10	
Breimeier, Hans . . 4	Brune, W. . . . 30	— Helmut 2	
Breining, G. . . . 42			
Breiteureiter, . .			
Günther 2			
Breitenstein, Aug.- Georg 33			
— Charles 24			
Breitgoff, Wilhelm . 9			

Namenverzeichnis

Seite	Seite	Seite	Seite
Cordes, Franz . . . 10	Dei Rop, Camille . . . 1	Döge, Hellmut . . . 65	Durst, Alfred . . . 43
Corlin, Robert . . . 10	Detjen, Herbert . . . 25	Döhla, Max . . . 46	Dusch, Alfons . . . 65
Crämer, Richard . . . 35	Dettmar, Th. . . 17	Döhrling, Herbert . . . 53	Dusil, B. 33
Cremer, Carl-Hans . . . 42	Dettmar, Werner . . . 5	— Gustav 25	Duve, Wilhelm . . . 58
Crone & Heinz . . . 68	Deuring, Ernst . . . 58	Dölker, Hans . . . 58	Duwe, August . . . 23
Crumbiegel, Ernst-Ludwig . . . 53	Deuschle, Max . . . 58	Dölle, Erich . . . 35	Dyckerhoff
Crusius, Kurt . . . 35	Deusing, Wilh. . . 65	Döllscher, Georg . . . 40	Portland-Zementwerke 22
Cunit 30	Deutemann, Erich . . . 65	Dönges & Co., Ing. . . 22	Dyes, Walter . . . 30
Curbach, Heinrich . . . 10	Deuter, Heinrich . . . 10	Dörfel, Joh. 17	Dynamowerk
Curtius, Ernst . . . 46	Deutler 37	Döring, Herbert . . . 18	Wanne-Eickel
Czemper, Karl . . . 65	Deutsch-Amerikanische Petroleum-Gesellschaft . . . 29	— W. 18	Schulze & Sylbe . . . 16
	Deutsche Bundesbahn Hamburg . . . 29	Dörner, Adolf . . . 10	Dzelskalejs, Karl . . . 58
Dabor, Max 46	— Offenbach 22	Dörnhaus, Walter . . . 10	
Dabrowski, Th. . . . 17	— Stuttgart 63	Dörr, H. 30	Ebel, Otto 33
Dachtler, Heinz . . . 58	Deutsche Dunlop Gummi Compagnie . . . 22	Dötte, Wilhelm . . . 65	Ebeling, Günther . . . 4
Dähne, Ernst 30	Deutsche Shell A.-G. 29	Dohms, Otto 58	Eberhardt, Hans . . . 58
Däumichen, Reinh. . . 25	Deutsche Zählergesellschaft Stepper & Co. . . 29	Dohm, Carl 38	— W. 18
Daferner, Wilhelm . . . 10	Deutschmann, Alfred . . . 35	— Emil 38	Ebering, Richard . . . 58
Dafferner, Albert . . . 43	Deutschmann, Hans-Joachim . . . 38	Dokupil, Karl . . . 10	Eberle, Otto 58
Dahle, Oskar 25	Devag Elektrizitäts-K.-G. . . . 22	Dolch, Alexander . . . 18	— Otto 53
Dahlmann, Hch. . . . 10	Deventer, Josef . . . 46	Doll, Gerhard . . . 25	— Wilhelm 47
Dahmen, Heimir . . . 10	Dibbert, Karl . . . 38	— Peter 51	Eberspächer, Walter . . . 58
Dahms, Walter 10	Dichtel, Constantin . . . 46	Domhan, Karl . . . 58	Eberth, Hch. 47
Dall, Theodor 17	Dick, Alfred 17	Domnick, Erwin . . . 1	Eble, Ulrich 58
von Dall'Armi, Fritz . . . 46	Dickhaut, Wilhelm . . . 35	Donandt, H. 33	Ebner-Eschenbach, M. . . 30
Dambach, Peter . . . 40	Dicks, Hans 1	Donati, Gerh. 4	Ebrecht, Paul 65
Damm, Johann . . . 30	Diederich, Kurt . . . 4	Dora, Wilh. 10	Eckelmann, Herbert . . . 25
Dankowski, Emil . . . 68	Diederichs, Ernst . . . 65	Doring, Fritz . . . 40	Eckenberg, Wilhelm . . . 10
Dankwärt, Hermann . . 25	Diedrich, Hch. . . . 25	v. Dornheim, W. . . 30	Eckhardt, Friedrich . . . 35
Dann, Ferd. 65	Diehl, Eduard . . . 43	Dornhoff & Co. . . . 42	— Georg 53
Danschacher, Kurt . . . 5	Dielektra A.-G. . . . 42	Dornseif & Linde . . . 68	— H. 18
Dantscher, Franz . . . 53	Diemer, August . . . 65	Dorst, Alfred . . . 40	Eckstein, Oskar . . . 58
Darr, Christian . . . 58	Dienes, F. 17	Dostler, Josef . . . 53	— W. 25
Datz, Hans 53	— Fritz 22	Drabeck, Josef . . . 53	Edelmann, Alexander . . . 58
Daub, August 58	Diensberg, Josef . . . 51	Draeger, Herbert . . . 30	— Karl 33
Daumann, C. Wilh. . . 25	Diepgen, Martin . . . 6	— Karl-Heinz . . . 56	Edler, Hans 53
Daute, Emil 6	Dierfeld, Günther . . . 58	Dragoni, Edler v.	EFEN 22
— Wolfgang 6	Diesner, Karl . . . 17	Rabenhorst, August . . . 46	Ege, Klaus 33
David, Helmut 58	Dietel, Heinrich . . . 30	Drehobl, Otto . . . 53	Eggert, Heinz 38
van Dawen, E. 51	— Karl 6	Drescher, Bernhard . . . 65	Eggler, L. 33
Deck, Willi 33	Dietenhauser, Josef . . . 46	Dresen, Erich . . . 51	Egli, Walter 43
Decken, Herbert . . . 25	Dietewig, Willi . . . 17	Drexelius, Eduard . . . 10	Ehlers, Edgar 25
Decken, Robert . . . 43	Dietlmaier, Josef . . . 46	Drexler, Gustav . . . 58	— Friedrich C. 29
Decksen, Friedrich . . 10	Dietrich, Anton . . . 46	Drieling, Walter . . . 58	— Johannes 25
Dederding, Oskar . . . 30	— Christ 25	Driescher, Fritz . . . 52	— Otto 6
Dederer, Helmut . . . 58	— Werner 4	Driessen, Eduard . . . 10	Ehni, Georg 58
Dege, Carl 65	Dietz, Gustav . . . 46	Driever, Rolf . . . 10	Ehret, Franz 23
Degenkolbe, Willy . . . 4	— H. 17	Driller, Hanns . . . 10	Ehrle, Edwin 23
Degussa 22	— Kurt 58	Drober, Wendelin . . . 58	Ehrlicher, Otto 4
Deharde, Gerhard . . . 64	Dietze, R. 17	Droste, Otto 10	Eich, Josef 10
Dehn, Hans 53	Dietzel, Wilhelm . . . 51	Drubig, Horst . . . 53	Eichelberg, Edmund . . . 35
— Richard 53	— Willi 43	Drühe, Jos. 2	Eichhoff-Werke
Dehrmann, Rud. . . . 17	Dilgen, Balthasar . . . 40	Dudas, Karl 38	G. m. b. H. 68
Deidesheimer, O. . . . 30	Disch, Franz 25	Dudeck, Karl 16	Eichler, H. 18
Deißlinger, Heinz . . . 58	Dischler, Rolf . . . 33	Düdder, Herbert . . . 18	Eichner, Ulrich . . . 53
Deitlhauser, Karl . . . 46	Disqué, Carl 2	Düllmann, Ernst . . . 10	Eick & Groll 68
Delor, Kurt 30	Dittert, Hellmuth . . . 10	— Ernst-Albert . . . 10	Eickelmann, Georg . . . 47
Delp, Wilhelm 58	Dittmers, Günter . . . 30	Dürbeck, Hermann . . . 18	Eickemeyer, Hellmut . . . 58
Delphendahl, Chr. . . 43	Dittus, Karl 58	Dürschnabel, Carl . . . 58	Eickhoff, Wilhelm . . . 10
Demmin, Ernst 6	Dobbelstein, Peter . . . 1	Duesing, Ernst . . . 1	Eidloth, Michael . . . 10
Demmler, Hans 46	Dobmeyer, Edgar . . . 51	Düsterdieck, Erich . . . 25	Eiermacher, Herm. . . 40
Demuth, Walter . . . 25	Doebler, Fritz . . . 4	Dütmann, H. 33	Eigenmann, Ludwig . . . 47
Denecke, August . . . 6	Döderlein, Rolf . . . 46	Duisburger Kupferhütte . . . 16	Eilers 64
Dengler, F. 53		Dunkel, Wilh. . . . 35	Eilken, Hanns 58
— Robert 58		Dunkelmann, Carl . . . 58	Einfeld, Fritz 30
Denk, Franz 37		Dunker, Reinhard . . . 10	Eirich, Karl 53
Denker, Eckart 6		Dupuis, Reinhard . . . 10	Eiselt, Franz 43
Denner, Ernst 58		Durbeck, Ludwig . . . 40	Eisenlohr, Frithjof . . . 43
Dennhardt 30		Durm, Friedrich . . . 58	Eisenmenger, Otto . . . 58
Denzel, Paul 58			Eisen-Metallgesellschaft Elektro- werk G. m. b. H. . . . 68
Denzler, Günther . . . 43			Eisinger, Fritz 58
Dericks, Josef 1			Eismann, Josef 2

Seite	Seite	Seite	Seite
Elberfeld, Hermann . . . 35	Kraftwerke Haag . . . 51	Mittelschwäbische Überlandzentrale A.-G. . . . 63	Elektrizitätswerke Reutlingen . . . 63
Elbers, Heinrich . . . 10	Hagener Straßenbahn . . . 16	A.-G. für Licht- und Kraftversorgung München . . . 51	Energie-Versorgung Schwaben A.-G. . . 63
Elektra Taifingen Ammann & Co. . . 63	Hamburgische Elektrische Werke . . . 29	Neckar A.-G. . . . 63	Vereinigte Großkraftwerke Schleswig-Holstein . . . 39
Elektrizitätswerke und Stromversorgungsunternehmen	Elektrizitäts-Lieferungs-Ges., Hannover . . . 32	Neckar-Elektrizitätsverband . . . 63	Stadtwerke Augsburg . . . 51
Aachener Straßenbahn- und Energieversorgungs-A.-G. . . 2	Überlandwerke und Straßenbahnen Hannover . . . 33	Neckarwerke Elektrizitäts-Versorgungs-A.-G. . . 63	— Baden-Baden . . . 35
Alb. Elektrizitätswerk EVU . . . 83	Hann.-Brschw. Stromversorgungs-A.-G. . . 32	Überlandwerke des Kr. Neustadt . . . 33	— Bochum . . . 16
Agfu, A.-G. für Versorgungsunternehmen im Ennepe-Ruhr-Kreis . . . 67	Überlandwerke und Straßenbahnen Hannover . . . 33	Überlandwerk Nord-Hannover . . . 6	— Bremen . . . 6
Amperwerke, Elektrizitäts-A.-G. . . 51	Licht- u. Kraftwerke Harz . . . 32	— Oberfranken A.-G. . . . 56	Städtische Werke Celle . . . 38
Rheinkraftwerk Albrück-Dogern A.-G. . . . 24	Heidelberger Straßen- und Bergbahn A.-G. . . 45	— Oberhessen . . . 22	Stadtwerke Crailsheim EVU . . . 63
Kraftwerk Altwürttemberg A.-G. . . . 63	Kraftanlagen A.-G. Heidelberg . . . 45	Elektr. Überlandzentrale Oberhausen . . . 24	— Düsseldorf . . . 8
Verein. Elektrizitätswerke Westfalen, Bezirksdirektion Arnsberg . . . 16	Elektrizitätswerk Heilbronn . . . 63	Energieversorgung Ostbayern . . . 55	— Eckernförde . . . 39
Bodenweg A.-G. . . . 35	Hessen-Nassauische Überlandzentrale Elektrizitätswerke Vaihingen-Enz A. Hessenthaler & Co. . . . 63	Stromversorgungsverband Ost-hannover . . . 33	— Elmshorn . . . 29
Bad. Kraftlieferungs-ges. . . . 23	Vereinigung Hessischer Elektrizitäts-, Gas- und Wasserwerke . . . 22	Pfalzwerke A.-G. . . 45	— Essen . . . 16
Bayernwerk A.-G. . . 51	Elektrizitätswerk Hildesheim . . . 32	Preußische Elektrizitäts-A.-G. . . 33	Stadt Werke Frankenthal . . . 45
Bayrische Elektrizitäts-Lieferungs-Gesellschaft A.-G. . . . 55	Kreis-Elektrizitätsamt Höxter . . . 32	Rhein-Main-Donau A.-G. . . . 51	Stadtwerke Freiburg . . . 24
Bayrische Elektrizitätswerke . . . 51	Landwirtschaftliche Überlandzentrale Ipsheim e.G.m.b.H. . . . 56	Rheingau Elektrizitätswerke A.-G. . . 22	— Flensburg . . . 39
Bergheim, Kreiswerke . . . 42	Isarwerke G.m.b.H. Überlandwerk Jagstkreis A.-G. . . 63	Elektrizitätswerk Rheinhessen A.-G. . . . 22	— Glückstadt . . . 39
Berg. Elektrizitäts-Versorgung G.m.b.H. . . . 67	Gas-, Elektrizitäts- u. Wasserwerke der Stadt Köln . . . 42	Rheinische Elektrizitäts-A.-G. . . 45	— Hagen . . . 16
Gruppen-Gas- u. Elektrizitätswerk Bergstraße A.-G. . . 22	Überlandwerk Krambach A.-G. . . 51	Rhein. Elektrizitätswerk im Braunkohlenrevier . . . 42	— Hanau . . . 22
Bochum-Gelsenkirchener Straßenbahnen . . . 16	Land-Elektrizitäts-Ges.m.b.H. . . . 56	— Licht- und Kraftwerke G.m.b.H. Brand 2	Städtische Betriebswerke Elektrizitätswerk Hannover . . . 33
Bremer Straßenbahn Verein. Elektrizitätswerke Westfalen, Bezirksdirektion Dortmund . . . 16	Lech-Elektrizitätswerke A.-G. . . . 51	RWE, Brauweiler . . . 42	Stadtwerke Heide . . . 39
Aktiengesellschaft für Energiewirtschaft, Mannheim . . . 45	Main-Kraftwerke A.-G. . . . 22	— Betriebsstelle Dieringhausen . . . 16	Stadtwerke Heidenheim EVU . . . 63
Fränkisches Überlandwerk A.-G. . . 55	Überlandwerk Mainz . . . 22	— Betriebsverwaltung Duisburg . . . 16	— Husum . . . 39
Großkraftwerk Franken A.-G. . . 56	Kraftwerke Mainz-Wiesbaden . . . 22	— Betriebsverwaltung Essen . . . 16	Stadt, Werke Ingolstadt . . . 51
Kraftwerk Frankfurt . . . 22	Großkraftwerk Mannheim . . . 45	— Betriebsverwaltung Goldenbergwerk . . . 16	Stadtwerke Iserlohn . . . 68
Arbeitsgemeinschaft der Landesverb. der El.-Werke, Frankfurt . . . 22	Kommunales Elektrizitätswerk Mark . . . 16	— Hauptverwaltung Kraftwerk Kar nap 16	— Itzehoe . . . 39
Gesellschaft für elektrische Anlagen . . . 63	Elektr. Werk Mittelbaden A.-G. . . . 24	— Krefeld . . . 52	— Jülich . . . 2
	Elektrizitäts A.-G. Mitteldeutschland . . . 37	— Betriebsverwaltung Neuß . . . 8	Städtische Werke Karlsruhe . . . 35
		— Betriebsverwaltung Reisholz . . . 8	Stadt, Werke A.-G. Kassel . . . 57
		— Siegerland . . . 16	Stadtwerke Kiel . . . 39
		Kraftübertragungs- werke Rhein- felden 24	— Konstanz . . . 24
		Niederrh. Licht- und Kraftwerke, Rheydt 52	— Lehrte . . . 33
			— Leverkusen . . . 42
			— Lübeck . . . 29
			— Lünen . . . 16
			— Mainz . . . 22
			— Mannheim . . . 45
			— Marburg . . . 22
			— Münster . . . 16
			— Neustadt . . . 45
			— Neup . . . 8
			— Oberhausen . . . 16
			— Offenbach . . . 22
			— Neumünster . . . 39
			— Neustadt i. H. . . 39
			Stadt. Elektrizitäts- und Wasserwerk, Oberkirch . . . 35
			Stadtwerke Osnabrück . . . 3
			— Plön . . . 39
			— Regensburg . . . 51
			— Rendsburg . . . 39
			— Rosenheim . . . 51
			— Schleswig . . . 39
			— Schwäbisch-Gemünd EVU . . . 63
			— Bad Segeberg . . . 39
			— Solingen . . . 68

Verzeichnis

Seite	Seite	Seite	Seite
Stadtwerke Bad Tölz 51	Elektrowärme G.m.	Erb, Theodor . . . 53	Fazler, F. . . . 33
— Ulm 63	b.H. . . . 2	Erbe, Otto . . . 58	Feckinghaus, A. . . 18
— Tübingen . . . 63	Elektro-Waskönig . 68	Erbel, Alfons . . 51	Fehlau, Erwin . . 25
— Westerland . . 39	Elektrizitätsverband	Erbschloe-Kabel	Fehling, K. . . . 30
— Wetzlar 22	Wittingen . . . 32	G.m.b.H. . . . 68	Fehmel, Jakob . . 43
— Wiesbaden . . . 22	Elektro-Apparate	Ercklentz, Hans . 51	Fehrer, Wilhelm . 58
— Wilster 39	K.-G. Gothe &	Erdelen, Adolf . . 10	Feichtmeier, Theo . 10
— Waiblingen EVU. 63	Co. 16	Erhard, Max . . . 58	Feiertag, Leonhard 53
— Wanne-Eickel . 16	Elektrobau Leicht u.	Erich, Max . . . 33	Feigl, Herbert . . 47
Wuppertaler Stadt-	Trambauer K.-G. 22	Erk, Adil 4	Feilke, Karl-Heinz 10
werke 68	Elektro-Geräte-Bau	Ermel, Willy . . . 58	Fein, C. & E. . . 63
Städt. Straßenbahnen	Blanc & Fischer 63	Ernst, A. Herrmann 10	Fein, Hans . . . 58
Solingen 68	Elektro-Medizin.	— Franz 5	vom Felde
Schleswig-Holstei-	Werkstätten	— Karl-Heinz . . . 65	Heinrich 10
nische Stromver-	Hans Jak. Jost 22	— Max 33	— Theodor 10
sorgungs-A.-G. . . 39	Elektrotechnische	— Robert 10	Feldges, Wilh. . . 51
Schluchseewerk A.-G. 24	Spezialfabrik Ru-	Ernstberger, Hans 35	Feldheim, Werner . 25
Kraftwerk St. Blasien	dolf Bogenschütz . 22	Ernstling, Edgar . 25	Feldmann, Gerd . . 25
A.-G. 24	Elfabana 22	Eschment, Erwin . 65	— Heinrich 10
Elektrizitäts-Ges.	Elfner, Albert . . 43	Eschweiler Berg-	Feldmeyer, Erich . 40
m. b. H., Triberg 24	Elis, Carl-Aug. . . 58	werksverein . . . 2	Feldtkeller, Rich. . 58
Untere Iller A.-G. . 51	Elmetag, Armin	ESPA Elektro-Stanz-	Felgentreu,
Überlandwerk Unter-	Carp 42	u. Preßwerk G.	Siegfried 25
franken A.-G. . . 56	Ellenberger, Jakob 53	m.b.H. 68	Felis, Alfons . . . 58
Utina-Elektrowerk . 39	Eller, Anton . . . 10	Espenschied,	Feller, Martin . . . 7
Städt. Elektr. Werk	Ellspermann, Eugen 53	Helmüt 58	— Wilhelm I. . . . 10
Villingen 24	Ellwanger, M. . . 33	Essberger, Eduard 25	Fellner, Hans . . . 43
Wendelstein-Bahn-	Elmed K.-G. . . . 63	Esser, August . . 40	Felten &
und -Hotel A.-G. . 51	Dr. Jung 38	— Julius 35	Guilleaume 42
Wennenmühle Elek-	Elsässer, Herbert . 58	— Karl 40	Fenner, Hch. . . . 38
trizitäts- u. Kunst-	Elschner, Walter . 38	Estler, Martin . . 18	Fertig, Kurt . . . 58
mühlenwerke . . . 51	Elsner, Richard . . 53	Etscheid, Friedr. . 7	Fertsch, Karl . . . 10
Eduard Schörger .	Else, Heinz 35	Ettinger 1	Fester, I. 18
Energieversorgung	Ely, Otto 47	Ettl, Johann . . . 47	Fettweis, Hermann 10
Weser-Ems A.-G. . 56	EMA Elektro-	Ettlingen-Maxau . 35	— R. 33
Elektrizitätswerk	Maschinen A.-G.	Etzel, Franz . . . 47	Feucht, Ernst . . . 58
Wesertal G. m.	Schultze & Co. 45	— Kurt 58	Feuersozietät,
b. H. 32	Emda 22	— Otto 58	Münster 3
Verein. Elektrizitäts-	Emde, August . . 68	Euchner, Emil . . 58	Feussner, K. . . . 18
werke West-	Emig, Fritz . . . 10	Eul, Josef 65	Fey, Th. 18
falen Bezirks-	Emler, Ernst . . . 43	Euler, Hans . . . 25	Feyen, I. 18
direktion Dort-	Emmert, Kurt . . 65	Evanschitzky, Hans 53	Feyer, Otto . . . 58
mund 16	Encke, Otto . . . 10	Evers, Fritz . . . 25	Fichtner, Paul . . 30
— Hauptverwaltung 16	Enders, Erhard . . 47	Ewald, Heinr. . . 18	Ficker, Erich . . . 18
— Bezirksdirektion	— Erwin 6	— Paul 40	Fickert, Wilhelm . 53
Münster 16	— Georg 35	Ewerding, Rudolf . 10	Fiege, Heinz-Anton 10
Elektrizitätswerke	— R. 18	Eyrich, Ronald . . 58	Fielitz, Kurt . . . 10
Winnenden G. m.	Endlein, Hans . . 10	Faas, G. 33	Fies, Josef 58
b. H. 63	Endrich, Paul . . 58	Fabeg G.m.b.H. . . 35	Fiessler, H.G. . . 40
Kreiselektrizitäts-	Engbert, Gerhard . 10	Fabian, K. 30	Fill, Wilh. 51
werk Wolfshagen 37	Engel, Erich . . . 18	Fähr, Karl-Heinz . 47	Finckh, Bernh. . . 58
Großkraftwerk	— Fritz 65	Faehse, Hanshorst . 4	Findeisen, Heinz . 25
Württemberg -	— Wilh. 7	Faesecke, Karl . . 25	— Karl 65
A.-G. 63	Engelhardt, Hanns 18	Faeser, Hugo . . . 2	Finis, Hans . . . 36
Verband der Elek-	— Ludwig 43	Fäth, W. 10	Finnern, Helmut . 65
trizitätswerke	Engelmann, Alfred 47	— Wilh. 4	Finster, Ernst . . 25
Württemberg-	— Dietrich . . . 43	Fahrbach, Adolf . 58	Finzi, A. 18
Baden 63	Engelmeier, A. . . 33	Falder, Paul . . . 65	Firmenich, Rudolf . 40
Elektroacoustic . . 39	Engels, August . . 65	Falke, Lorenz . . 10	— Theo 53
Elektro-Gerätebau	Engl, Manfred . . 47	Falkenberg, E. . . 30	Fischer, A. 18
Ernst Bruno &	Engler, Kurt . . . 25	Falout, Rolf . . . 10	— Alois 10
Ludwigsen K.-G. . 68	— Otto 58	Farben-Fabrik	— Eberhard . . . 58
Elektro-Innung	— Robert 16	Bayer 68	— F. H. 1
Freiburg i. Br. 24	Englert, Heinrich . 53	Farbwerke Höchst	— F. & R. . . . 63
Elektrolüd	Engmann, Rudolf . 18	US-Administra-	— Georg 65
E. Schmidt & Co. 68	Enke, Friedrich . . 10	tion 22	— Heinz 65
Elektromechanik	— Hermann . . . 53	Farr, Karl 25	— Hermann . . . 47
G.m.b.H. 68	Enkel, Hans-Georg 10	Fastenrath, Willi . 65	— Joh. 33
Elektrophysikalisches	Enkelmann, Max . 25	Faßbender, Heinr. 53	— Johann 47
Institut der T.H.	v. Enkevort, F. . . 30	Faulhaber, Heinz . 43	— Josef 4
München 51	Ensinger, Richard . 47	Fauner, Eugen . . 47	— Karl 18
Elektrotechn. Fabrik	Enzensberger, Her-	Faust, Gustav . . 65	— Kurt 7
Wolfes & Weide	mann 47	Fauth, Ernst . . . 43	— Martin 58
G.m.b.H. 68	Eppink 30		— Otto 10
Elektrotechn. Werk	Eppler, Hermann . 58		
Fritz Driescher jr. 51	Eppmann, Heinrich 2		

Seite	Seite	Seite	Seite
Fischer, Paul . . . 25	Fredebold, R. . . . 30	Füssel, Artur . . . 10	Geraths, Raphael . . 51
— Paul 64	Friedrich, Johannes . 40	Fütterer, R. . . . 18	Gerbig, O. 30
— Robert 18	Frege, Christian . . . 40	Fuhlendorf, Walter . 58	Gerdes, Hermann . . 36
— Schlemm, Walter . 58	Freiberger 18	Fuhr, Günter 25	Gerhard, Ludwig . . 36
— Walter 65	— H. 25	Fuhs, Franz 1	Gerhardt, Heinz . . . 7
— Wilh. 10	Freihube, Hermann . 68	Funk, Gustav 53	— Hermann 65
— & Co., Julius . . . 8	Freisem, Erich 58	— Joseph 58	Gerlach, Amandus . . 18
— & Co. 42	Freitag, Joh. 30	— Victor 7	— Arno 47
Fischler, Adolf . . . 18	— Paul 65	Funke, Adolf 1	— Fritz 30
Fischöder, Georg . . 10	Frenger, Heinrich . . 51	— Ernst 65	— Walter 36
Fislage, Julius . . . 30	Frentrop, Fried. . . . 25	Furtwaengler, Erich . 58	Germann, Albert . . . 65
Fitschen, Jürgen . . . 25	Fres, Ernst 25	Fusbahn, Ulrich . . . 40	— Johann 30
Fitz, Theodor 47	Frese, Hans 40		Gern, Otto 43
Flagge, Otto 43	Fresen & Co. 68		Gerner, Gottlieb . . . 43
Flaschick, Hermann . 65	Freundenberg, Hans . 43	Gabbert, Willi 5	Gerschner, Herbert . . 7
Flatow, Reinhold . . . 4	Freund, Konrad 58	Gabler, Erwin 58	Gersmeyer, Günter . . 7
Fleck, Botho 10	— K.A. 43	Gadek, Klaus 10	Gerstel, C. 18
Flegler 1	Freundt, Kurt 47	Gadesmann, Ernst . . 7	Gerster, Erich 25
Fleig, Heinz 30	Frevel, Alfons 10	Gäbel, Karl 10	Gerstle, Josef 40
— Rudolf 23	Frey, Hermann 58	Gänger, B. 33	Gerwig, Hans 43
Fleischer, Fritz . . . 33	— Karl 43	Gäth, Heinr. 25	Gese, August 65
Fleischhauer, G. . . . 30	— Helmut 53	Gärtner, H. 18	Geßmann, Wilhelm . . 58
— Wilh. 53	Fricke, Hans 4	— Rudolf 36	Geßner, Robert 43
Fleischmann,	— L. 33	Gäßler, Barth 7	Gewecke, Johann . . . 5
Adalbert 7	Friedemann, Kurt . . 43	Gaiser, Walter 58	Gewerbeschule
— Rudolf 25	Friederici, Ernst . . 10	Gaß, Willy 58	Freiburg i. Br. . . . 24
Fleisser, Heinrich . . 53	Friedmann, Franz . . 43	Gantner, Arthur . . . 18	Gewerbeschule
Flick, Otto 23	Friedrich, August . . 47	Ganz, Walter 58	Mannheim 45
Flögel, Ernst 53	— Hans 30	Garbe, Heinrich . . . 1	Gewerkschaft Carl . . 16
— Heinrich 25	— Heinz 30	— Lahmeyer & Co. . . 2	Gew. ver. Constan- tin d. Große 16
Floerke, Hdn. 38	— Jul. 30	Gareis, A. 33	Gewerkschaft
Flohr, Gustav 58	— Robert 43	— Max 65	Mathias-Stinnes . . . 16
Flor jun., Albert . . 53	— Rudolf 58	Gasch, Albert 18	
Floto, Werner 4	— Wilhelm 2	Gassen, Richard . . . 40	Geyer K.-G.,
Föhringer,	Friedrichs, Karl . . . 10	Gaßberger, Arthur . . 10	Willy 30
Friedrich 47	Friemann, Carl 53	Gathmann, S. 33	— Christian 56
Foerster 30	Fries, Egon 7	Gattung, Franz	Geyler, Joachim 53
Förster, Erich 25	— Wilhelm 47	Xaver 47	Gfell, Alfons 23
— Martin 40	Friese, Hermann . . . 58	Gaukler, Carl 58	Gielow, F. 18
Foitzik, Rudolf 10	— Horst 58	— Franz 47	Gieraths, W. 18
Forberger, Alois . . . 53	Frieseke, Hans 53	Gauß, Kurt 65	Giering, Walter 38
Fork, Fritz 10	Frings, Cornel 40	Gebhardt, Erich . . . 10	Giermann, Fritz 47
Franck, Albert 65	Frischbier, A. 18	— Paul 58	Gierse, Siegfried . . . 10
Francke, Fritz 47	Frischmuth, Carl . . . 5	— Wilhelm 53	Giersiepen, Richard . 68
Frank, Anton 38	Fritsch, Hermann . . . 10	Gecks, Fritz 47	— Rudolf 65
— Dietrich 25	Fritsche, Adolf 18	Gees, Franz 2	— Wilhelm 68
— Emil 18	— Heinz 4	Gehlen, Walter 51	Giesdorf, Karl 10
— Heinz 7	— Kurt 25	Gehrhardt, Fritz . . . 2	Giese, Bernhard 1
— Karl 30	Fritschl, Richard . . . 7	Gehring, Werner . . . 53	— Hdn. 2
— Karl 58	Fritz, I. C. 40	Geibel, Wilhelm . . . 43	Giesebart, Werner . . 2
— Paul 58	— Willy 58	Geiger, Ernst 10	Giesecking, W. 18
— & Kathreiner . . . 63	Fritzlen, Carl 58	— Franz 18	Giesing, Albert 58
Franke, Erwin 38	Fritzsche, W. 30	— Georg 10	Giessecke, Heinz . . . 43
— Heinrich 36	Friz & Co., Gottlieb . 63	— Manfred 43	Gilbert, Johs. 38
— Rudolf 30	Fröhlich, Albert . . . 10	— Wilhelm 16 u. 68	Gilson, Wilhelm 1
Franken, Herbert . . . 40	— Alois 65	Geilling, Fritz 47	Gimbel, E. 33
Frankenstein,	Fröhmer, Claus 5	Geis, Wilhelm 7	Ginkel, Paul 25
Günther 47	Frondorf, Philipp . . 53	Geiselmann, Karl . . . 47	Gladigau, Albert . . . 10
Frankl & Kirchner	Frowein, Herbert . . . 65	Geisler, Karl-Heinz . 56	Gläser, H. 30
Elektrizitäts-	Frühauf, Gerhard . . 43	Geiss, E. 18	Glaeser, Hans-Joach. . 7
G.m.b.H. 45	Fuchs, Georg 47	Geisweid, Roman . . . 58	Glage, Walter 10
Franssen, Hans 56	— Gustav 65	Geller, Hermann . . . 25	Glahn, Ewald 51
Franz, Ernst 5	— Hans 47	Gellwitzki, Wolfgang . 25	Glasbrenner, Karl . . . 23
— Kurt 25	— Heinz 47	Gelsdorf, Karl 25	Gleißner, Kurt 65
— Otto 23	— Herbert 10	Gelsenkirchener	Glöckner, Hugo 10
— Otto 36	— Josef 2	Bergwerks A.-G. . . . 16	Gloede, Kurt 58
Franzelius, K. 30	— Kurt 64	Gemböck, Josef 18	Gloeden, Gerhard . . . 47
Franzen, J. 18	— Ottmar 47	Gemeinhardt, Max . . 47	Glötzl, Franz-Xaver . . 33
— Joh. Fried. 47	— Willi 7	— Max 56	Glötzer, Johann 36
Franzke, Alex. 47	Fuchshuber, Adolf . . 58	Genanger, Kurt 25	Gloyer, Hans 10
Frasch, Karl 58	Füger, F. 33	Gengelbach, Paul . . . 18	Glowna, Hans-
Frase, O. 43	Führer, Franz 47	Gengenbach, Otto . . 58	Gerhard 23
Frauenschub, W. . . . 33	Fürst, W. 18	Gennit, Werner 7	Glück, Hellmut 47
Frech, Alois 47	Fürtsch, Wilhelm . . . 53	Georg, F. 18	Glunk, Ernst 47
		Georgii, Wilhelm . . . 47	Gnade, Karlheinz . . . 53
		Geraedts, A. 51	Gneiding, Paul 58

Seite	Seite	Seite	Seite
Goebbels, Ludwig . . . 1	Grobe, Gustav . . . 53	Guericke, Günther . . . 4	Haefersshoh, Hans . . . 40
Göbel, Edmund . . . 58	Gröber, Johann . . . 25	Gürth, Franz . . . 2	Hage, Alois . . . 59
— Ernst . . . 18	Christ. 25	Güth, Wilhelm . . . 43	Hagelgans, Heinrich . . . 36
— Georg . . . 10	Gröner, Jakob . . . 59	Güthing, Hellmuth . . . 65	Hagemann, Hans . . . 25
— H. 30	Gröters, Hans . . . 51	Güttler, Gerhard . . . 11	Hagemeier, Otto . . . 18
— Walter . . . 43	Grötz, Eugen . . . 31	Gugel, Hans . . . 11	Hagemeister, Fritz . . . 25
Goedcke, Ludwig . . . 10	Groeziinger, Walter . . . 11	— Heinz . . . 59	Hagen, Oskar . . . 59
Goedicke, E. . . . 40	Grof, Franz . . . 53	Gugg, Josef . . . 11	von Hagen, Wilh. Wwe. . . 68
Göhre, Robert . . . 58	Groh, Hanns . . . 18	Guhl, Rudi . . . 25	Hagenmeyer, Anton . . . 59
Goeltz, Ulrich . . . 47	— Wilhelm . . . 43	Guhr, Fr. . . . 18	Hager, Eduard . . . 40
Gölling, Eberhard . . . 10	Grondey, Joachim . . . 11	Guillaume, F. . . . 33	Hahn, Eduard . . . 7
Göllner, Wilhelm . . . 10	Gronwald, Rudolf . . . 11	Guillery, Paul . . . 53	Hahn, Fr. . . . 31
Goepfert, Joseph . . . 25	Groote, Reinhold . . . 11	Gummels, Gerhard . . . 11	— Fritz . . . 43
Göpfer, Hans . . . 40	Gropp, Rudolf . . . 64	Gumprecht . . . 18	— Robert . . . 25
Görgens, H. . . . 7	Gropefeld, Franz . . . 18	von Gundlach, August . . . 53	— W. . . . 18
Görlacher, Werner . . . 10	Grosz, Heinz . . . 11	Gundlach, Fr.-W. . . . 18	— Walter . . . 11
Göschel, Heinz . . . 53	Gross, Albert . . . 43	— Günter . . . 2	Hahne, Wilhelm . . . 40
Gößling, Heinz . . . 10	— Artur . . . 43	— Wilh. . . . 11	Hahnhold, Rudolf . . . 65
Göthel, Erich . . . 36	— Hans . . . 25	— Wilh. . . . 25	Haider, Gottfried . . . 47
Götz, Peter . . . 58	— W. . . . 18	Guski, Helmut . . . 43	Haier, Ulrich . . . 53
Goetze, Heinr. . . . 7	Grossmann, Fritz . . . 25	Gutekunst, Gustav . . . 59	Haitz, Kurt . . . 35
Götzl, Alfred . . . 25	— J. H. . . . 40	Gutheil, Hans . . . 59	von Hake, Jürgen . . . 7
Goll, Hans . . . 59	Groß, Emil . . . 33	Gutjahr, Eberhard . . . 25	Hakenberg, Willi . . . 11
Goller, Walter . . . 43	— Fr. jr. . . . 63	Gutschalk, A. . . . 18	Halbach, Kurt . . . 51
Gollnick, Erich . . . 1	Großer, Richard . . . 38	Guttmann, Heinrich . . . 2	Hald, Paul . . . 59
Gomolla, Ernst . . . 7	Großkopf, Walter . . . 11		Haldwang, Walther . . . 65
Goos, Emil . . . 25	Großkraumbach, Friedrich . . . 11		Halfmann, Artur . . . 65
Gorn, Franz . . . 18	Grote, Egon . . . 25	Haag, Franz . . . 47	Halfmeier, Friedrich . . . 51
— Paul . . . 53	— Josef . . . 11	— L. . . . 18	Haller, Friedrich . . . 11
Gosberg, Kurt . . . 65	Groteclaes, Viktor . . . 1	— Walter . . . 53	— Hermann . . . 59
Gossen & Co., P. . . . 56	Groth, Hans . . . 11	Haas . . . 36	— Walter . . . 59
Gossmann, Albert . . . 10	Grove, Fritz . . . 30	— Alfons . . . 33	Hallermeier, Josef . . . 47
— Willy . . . 56	Gruber, Benedikt . . . 47	— Anton . . . 43	Halstenbach Paul . . . 65
Goßner, Karl . . . 47	Gruber, Karl . . . 30	Haase, Friedrich . . . 53	Hamann, Emil . . . 59
Gothe, Heinrich . . . 10	Grübel, Walter . . . 53	— Hans . . . 43	— Friedrich . . . 38
Gottschalk, H. . . . 30	Heinz . . . 53	— Heinz . . . 25	Hamborg, Paul . . . 25
Grabendörfer, Willi . . . 65	Grün, Artur . . . 23	— Hermann . . . 64	Hamburger Hochbahn A.-G. . . 29
Grabert, G. . . . 5	Grünberg, Otto . . . 18	— Klaus . . . 11	Hameister Georg . . . 18
Grabosch, Franz . . . 10	Gründer, Ernst . . . 7	Haaß, Alfred . . . 11	Hamm, G. . . . 18
Gräf, Willi . . . 36	Gründig, Karl . . . 11	Habenstein, Hans . . . 53	— Josef . . . 47
Graf, Harald . . . 65	Gründling, Heinrich . . . 43	Haberland, Fritz . . . 11	Hammann-Kloss . . . 18
— Herbert . . . 53	— Richard . . . 7	Haberer, Ludwig . . . 43	Hammel, Siegfried . . . 43
Graff, E. . . . 18	Grünwald, Heinrich . . . 11	Haberkorn, Karl . . . 47	Hammer, Kurt . . . 40
Graffmann, Wilh. . . . 7	Grünig, Otto . . . 59	Habersaat, L. . . . 18	Hammerl, Norbert . . . 11
Grande, Max . . . 43	Grünwald, Eduard . . . 53	Haberstroh, Adolf . . . 53	Hammerschmidt, Wilhelm . . . 11
Graner, Hans . . . 59	— Friedrich . . . 59	Habicht, Karl . . . 18	Hammerstädt, Erich . . . 65
— R. . . . 33	Grüter, Heinz . . . 7	Hachmann, Erwin . . . 59	Hammon, Hans . . . 53
Graßl, Erich . . . 43	Grützmaker, Jürgen . . . 38	Hackenberg, Hugo . . . 1	Handgrätiger, Bernhard . . . 59
— Josef . . . 53	Grundt, Kurt . . . 38	Hackert, Heinz . . . 40	Handrick, Erich . . . 59
Graßmann, Alfred . . . 7	Grunel, Friedr.-Wilh. . . . 25	Hackethal, Anton . . . 7	Hangen, Johann . . . 56
Grave, Hans-Ferd. . . . 30	Grunert, Fritz . . . 4	— Draht- und Kabelwerke . . . 32	Hanke, E. . . . 31
Graw, Josef . . . 53	— Werner . . . 11	Hacks, Jakob . . . 47	— H. . . . 18
Grawert, von, Eckhard . . . 25	Grunwald, Ernst . . . 53	Hadré, Hans . . . 7	— Hans . . . 3
Grebe, Otto . . . 65	Gruschke, Georg . . . 25	Hadre, Helmuth . . . 5	Hanko, Hans . . . 11
Greff, Gustav-Adolf . . . 43	Gruß, Karl . . . 38	Häberle, Albert . . . 11	Gebr. Hannemann & Co. . . . 2
Greif, Georg . . . 18	Gscheidle, Georg . . . 59	Haefner, Eduard . . . 47	Hannemann Heinz . . . 23
Greger, W. . . . 18	Gschwind, Wilhelm . . . 59	— Kurt . . . 25	Hannes, Heinrich . . . 11
Greil, Josef . . . 53	Gsell, Hugo . . . 47	Haefke, Erwin . . . 38	— Karl . . . 47
Grell, Hermann . . . 7	Guck, Rudolf . . . 33	Haegeler, Heinz . . . 43	Hanning . . . 3
Greller, Max . . . 53	Guberth, Ernst . . . 53	Haeggquist, Friedrich . . . 38	Hansa-Motorenfabrik Gustav Altmann . . . 29
Gremm, Franz . . . 10	Gueffroy, Walter . . . 36	Haenel, Hermann . . . 53	Hansen, Dirk . . . 38
Grenzer, Rudolf . . . 43	Gülch, Erwin . . . 59	Häpe, Werner . . . 4	— Georg . . . 25
Greulich, Erwin . . . 7	von Gildenstube, Ernst . . . 18	Haer, E. . . . 18	— Hans . . . 65
Greve, Edmund . . . 68	Güllich, Adam . . . 47	Härle, Eugen . . . 59	— Johannes . . . 38
— Ernst . . . 25	Günther, Emil . . . 65	Härlein, Walter . . . 59	— Werner . . . 51
Griese, Hans-Joachim . . . 53	— H. . . . 33	Härtig, Hans . . . 18	
Grißbach, David . . . 47	— Hans . . . 43	Häulein, Walter . . . 53	
Grießer, Arno . . . 7	— Ludwig . . . 18	Häußler, Hans . . . 53	
Grill, Walter . . . 11	— W. . . . 43	— Hans . . . 59	
Grillmair, Ludwig . . . 47	— Willy . . . 53	Hafen, Otto . . . 59	
Grimme, Erich . . . 43			
Grimmer, Hans . . . 53			
Grittner, Guido . . . 1			
Gritzner-Kayser . . . 35			

Namenverzeichnis

Seite	Seite	Seite	Seite
Hansestadt Ham- burg Baubehörde 29	Hedemann, Fritz- Robert 56	Hellmich, Herbert . . 11	Herwig, Erich 7
Hansing, Wolfgang 25	Heeger, Wilh. 36	Hellmund, Fritz . . . 35	— Walter 4
Hanten, Otto 7	Heer, Ludwig 43	Helmchen, Günter . . 53	Herz, K. 18
Happe, Gustav . . . 47	— Oskar 25	Helmer, Rudolf . . . 25	Herzau, Max 18
— H. 31	Heeren, Hero 64	Helmke, J. 31	Herzfeld, Karl . . . 36
Happoldt, Hans . . . 43	Heese, Eberhard . . . 3	Helmrath, Josef . . . 52	Herzog, Emil 3
Harder, Hans 25	— H. 31	Helms, G. 31	— & Cie. 68
Hardieck, Karl- Ernst 33	Heffels, Josef 40	— Klaus 11	Heseler Elektrobau Dipl.-Ing. Erich Heseler 16
Harke, Paul 11	— Josef 65	Hempfl, Robert . . . 18	Hess, Heinrich . . . 11
Harmening 31	Hefrag 22	Hempfling, Rudolf . . 36	— Heinrich 59
Harms, Alfred 5	Hegebarth, Willi . . 53	Henckel, H. 31	Heß, Franz 40
— Heinrich 5	Hegemann, Hans . . 11	Hendricks, Hans . . . 25	— Kurt 47
Harnisch, Alfred . . 59	Hegenbart, Fritz . . 53	Hendricks, Walter . . 53	— Werner 47
Harsch, Albert . . . 43	Heger, Wilhelm . . . 11	van Hengel, W. . . . 7	Hessbrügge, Josef . . 11
Hartel, Walter 53	Hegger, Gebr. 52	Hengstebeck, J. . . . 65	Hesse, Enno 11
Harten, Karl-Peter . . 7	Hegwein, Christian . 33	von Henke, Gerh. . . 11	— Friedr. 26
Hartger, Wolfg. . . . 4	Heibl, Wilh., Apparatebau 55	Henke, Johannes . . . 47	Hessel, Günther . . . 18
Hartleb, Wilhelm . . 40	Heide, Erwin 11	Henkes, Hans 36	Hesselbarth, Bern- hard 18
Hartlieb, Kurt 47	Heidelberg, Oskar . . 25	Henkies, Erwin . . . 25	Hesselberger, Franz . 47
Hartmann, Günter . . 59	Heiden, Carl 25	Henn, Karl Wilh. . . . 26	Hessenauer, Karl . . 59
— Kurt 59	— Karl 36	Henne, Karl 59	Hester, Hans 26
— Walter 47	Heidenreich, Robert . 59	Henneberger, Adolf . 43	Hesterberg, Wolfg. . 36
— Werner 25	Heider, Fr. 33	— Georg 40	Hettling, Immanuel . 47
— Wilhelm 11	— Richard 47	Hennebühl, Hans . . . 3	Heitzel, Karl 31
— Wilh. 59	Heidinger, Peter . . . 59	Hennenbruch, Karl . . 64	— Walter 4
— Willy 25	Heidkamp, Wilhelm . 11	Hennicke, Gerhard . . 11	Heubach, Emil 59
— & Braun 22	Heidner, Ernst 53	Hennige, Carl 59	Heuberger, Karl . . . 53
Hartmeyer, Friedr. . 56	Heiduczek, Franz . . 18	Henning, Franz . . . 38	Heueck, Rudolf . . . 31
Hartstreibsel, A. . . . 31	Heier, Karl 65	— Otto 26	Heuer, Ernst 64
Hartunq, Gerh. 25	Heigl, Fritz 11	Hense, Ernst 65	Heuking, Heinr. . . . 11
— Kurt 40	Heik, Gerhard 25	Hensel, Alfred 7	Heumann, Oskar . . . 36
— Martin 53	Heil, Willi 25	— Gustav, Elektro- Fabr. G.m.b.H. . . . 68	Heuser, Albert . . . 47
Hartwagner, Ludwig 47	Heiles, Franz 1	— Max 65	— Franz 11
Hartweg, Otto 11	Heiliger, Hugo 11	— W. 18	— Hans 26
Hartz, Wilhelm 53	— Hugo 38	Henseler, Hans . . . 40	— Hermann 26
Harz, Franz 38	Heilgers, Franz . . . 40	— Paul 38	Heute, Hans 65
Harzwasserwerke der Prov. Han- nover 32	Heilmann, Philipp . . 7	Hensell 18	van den Heuvel . . . 3
Hasbach, Ludwig . . 11	Heilmeyer, Siegfried 47	Hentschel, Ludwig . . 11	Heyd, Otto 59
Hasenjäger, Wolf . . 68	Heim, Karl 5	Henzerling, Carl M. . 59	von der Heyden, Hans 11
Haslauer, Josef . . . 47	Heimann, Rudolf . . 65	W. C. Heraeus G.m.b.H. 22	Heyden, Johann . . . 1
Hassel, Franz 7	Heimscheid, Alfred . . 7	Dr. Herberts & Co. . . 68	Heyder, Fritz 65
Hassencamp, Kurt . . 18	Hein, Otto 18	Herbst, Heinrich . . 26	Heydrich, Erich . . . 31
Haß, Gisbert 11	Heine, Hans 4	Hergenröder, Herbert 47	Heyl, Otto 59
Hatje, Walter 25	— Peter 65	Herhahn, Albert . . . 11	Heyn, Alfred 11
Hattendorf, Hans . . 4	Heinecke, Arthur . . . 3	Hering, Herbert . . . 3	— Georg 18
Hauck, Hans 47	Heinemann, Franz . . 11	Herkendell, Wilhelm 11	Heyne, Ernst A. . . . 11
Hauenschild, Wolfg. . 25	Heinen, Franz 43	Herkenrath, Wilh. . . 11	Hezel, Alois 33
Haug, Ernst 59	— Hans 7	Herklotz, Max 11	Hiepe, Hans 43
— Hans 59	— Willi 25	Hermann, Adolf . . . 59	Hildebrand, Karl . . . 33
— Julius 59	Heinrich, A. 18	— Jaroslaw 47	Hildebrandt, Max . . 65
Hausemann, Fritz . . 4	— Herb. 4	— Johann 59	Hildmann, Georg . . . 36
Hausenblas, Rudolf . 53	— R. 18	— Karl 47	— Kurt 36
Hauser, Fritz 53	— Walter 11	— Rud. 4	Hilgenberg, Rudolf . 36
— Gustav 25	Heinrichs, K. Fr. . . 18	— Walter 3	Hilgendorff, H. J. . . 40
Hausmann, Franz . . 7	Heinzelmann, Heinrich 40	Hermes, Helmut . . . 11	Hilgert, Wilhelm . . . 11
— Konrad 53	Heinzen, Fritz 65	— Karl 65	Hilgner, Gerhard . . 47
Hausrath, H. 33	Heise, Rolf 3	Hermkens, Heinz . . . 52	Hilke, Otto 26
Hautzel, Georg 65	Heising, Theo 11	Herold, Hans 4	Hilker, Karl August . 11
Haverkamp, Hans . . 11	Heist, Wilhelm 18	— Heinrich 47	Hillesheim, Rolf- Dieter 11
Hawig, Paul 11	Heisterberg, G. . . . 31	Herr, Heinrich 65	Hillesheimer, Walter 18
Hebel, Martin 47	Heizmann, Wilhelm . 23	Herrmann, Carl . . . 59	Hilt, Alfred 59
Hechler, Franz 11	Heldt, Walter 11	— Christian 31	Hiltruper Röhren- werk 3
Hecht, Alfred 53	Helmeyer, Karl 1	— Friedrich 18	Hilzinger, Wilhelm . 63
Heck, Peter 65	Helin Hagener Elektro-Industrie G.m.b.H. 68	— Gottfried 53	Himmelwerk A.-G., Tübingen 63
— Werner 11	Heller, Kurt 38	— Heinrich 53	Himmer, Franz . . . 33
Heckel 31	— Werner 59	— Karl 59	Himmler, Hans . . . 31
Hecker 18	— & Co. 63	— Otto 59	
Heckl, M. 18	Hellhake, Albert . . . 11	Hertel, Paul 26	
Heckmann, Hans . . 11		Hertwig, Erich 18	

Namenverzeichnis

Seite	Seite	Seite	Seite
Hindelang, Wilhelm 47	Hofmann, Heinz 65	Grosse-Hovest, Bernhard 11	Isabellenhütte 22
Hinnenberg, Arthur 65	— Joh. 26	Hoyer, Hans 65	Ischebeck, Wilh. 59
Hinterbichler, Josef 11	— Johann 18	Hubald, Bernhard 11	Isenberg, Norbert 12
Hinterholzer, Franz 47	— Werner 59	Hubel, Eugen 11	Isermann, K.-G. 5
Hinze, Fritz 4	— Wilhelm 47	Huck, Herbert 26	Isfort, Fritz 12
— Hans Heinrich 31	Hofstetter, Arthur 59	— Richard 11	Iso-Elektra, R. Cor- des 32
Hirche, Rudolf 11	Hogrebe, Wilhelm 1	Hudetz, G. 31	Isola-Werk A.-G. 2
Hirsch, Hans 33	Hohenadel, Philipp 59	Hübner, Werner 53	Israel, Bruno 47
Hirschel, René 59	Hohenemser, Fritz 59	Hübschmann, W. 31	von Issendorf, Jürgen 53
Hirscher, Peter 59	Hohlwegler, Josef 47	Hückeler, Johs. 65	Itting jr., Franz 53
Hirtler, Karl 23	Hohm, H. 18	Hühn, Ernst 68	Ix, Heinrich 12
Hitzbleck, Hans 7	Hohmann, Karl 65	Hülsberg, Fritz 11	
— Paul 11	Hohmann, Walter 7	Hüning, August 11	
Hoberg, Ernst 4	Hohneck, W. 18	Hüper, Adolf 64	
Hobrecke, Adolf 11	Holdermann, Otto 43	Hüser, Heinz-Karl 11	Jacken, Johann 3
Hocke, Walter 65	Holdt, Hans 7	Hüsing, Heinrich 11	Jackschath, W. 40
Hoebler, Horst 11	— H. 43	Hüster, Oswald 65	Jacob, Ernst 47
Höchtel, Franz 59	Holl, Paul 47	Hueter, E. 19	Jacobi, F. 26
Höck, Albert 47	Hollatz, Willy 59	Hüthwohl, Hans- Joachim 40	— Helmut 54
Höckinger, Anton 47	Holle, Karl 36	Hütten, J. L. 7	— Walther 54
Höfer, Franz 23	Holler, Wilhelm 11	Hüttenwerke Ilsede- Peine 32	Jacobs, A. 65
— Rudolf 47	Hollmann, Herbert 26	Hüttermann, Friedr. 11	— Hans 26
Höfken, Heinz 1	— Werner 26	Hüttinger, Fritz 23	— Hans 40
Hoegg, Josef 59	Hollstein, Jul. 40	Hufbauer, Walter 19	Jacottet, Paul 43
Högnner, Walther 56	Hollunder, Alfred 26	Hugendubel, Max 59	Jaedicke, I. 7
Höhn, W. 34	Holpert, Kurt 18	Hulik, Walter 59	Jaeger, Aug. 59
Hoehr, Egon 59	Holscher, Hans- Joachim 5	Humann, H. 19	Jäger, Kurt 40
Höcker, Otto 43	Holstein, Hans- Joachim 11	Humburg, K. 31	— Walter 64
Höleke, Carl 26	Holte, Erwin 65	Hummel, Alexander 59	Jaenicke, Gunther 43
Höller, Erich 40	Holthaus, Karl 7	— Ernst 34	Jaeschke, Hans 54
Hölterhoff, Albert 43	Holtmann, Hubert 26	— Walter 34	Jahraus, Erich 43
Hölzer, Arthur 43	Holtzheuer, Helmut 53	Hummel Söhne, A. 24	Jahn, Felix 31
Hölzler, Erwin 47	Holzhausen, W. 31	Hummen, Hans 11	— Gustav 48
Höpfner, Otto 26	Holzheid, Hans 53	Hummrich, E. 19	— Wilh. 26
Höpner, Wilhelm 26	Holzheuer, G. 18	Hundertmark, Fridolin 11	Jahnke, Erich 59
Höppner, Hermann 26	Holzmann, Fred. 65	Hunger, Helmut 38	Jaich, Rob. 4
— Rud. 4	Holzmer, Wilh. 59	Hungsberg, Hans 11	Jakob, Konrad 47
Hörnle, A. 18	Holzwarth, Herbert 47	Hunsinger, Walter 19	Janak, Karl 48
Hörold, Oswald 26	Holzweißig, Alfred 65	Hupf, Benedikt 47	Jandewerth, Alois 43
Hörsken, Franz 11	Hommel, C. 18	Hurdelbrink, Her- mann 3	Janick, Eugen 38
Hörst, Hans-Eugen 11	Homolatsch, Eugen 34	Hurler, Albert 47	Janka, W. 19
Hoerster, Fritz 59	Honecker, Ernst 53	Hurre, Karl 53	Jannsen, Kurt 65
Hörtreiter, Joseph 11	Honnet, Heinz 40	Husemann, Fritz 3	Janota, Karl 26
Hoesch, Walter 3	Honnens, M. 19	Huss, Hans 53	Janschek, Werner 12
Hösel-Uhlrig, Karl 53	Honold, Hans 59	Hussels, W. 31	Jansen, Bernhard 48
Hösl, Fridolin 47	Hoof, Walter 11	Huthoff, Rudolf 19	— Fritz 26
Hövelmann, Volk- mann 5	Hootz, Herbert 11	Hutter, Helm. 11	— & Westphal 8
Höwer, Theodor 11	Hopf, Herbert 59	Hvezda, Aug. Ferd. 40	Janssen, Johannes 64
Höwing, Johann 11	Hoppe, Franz 65		Janus, Carl-Heinz 12
Hof, Erich 11	— Hans 26		Janzen, Siegfried 48
— Walter 36	— Karl 3		Jarczyk, Karl 59
vom Hofe, Friedrich 36	— Karl 40		Jasinski, Dan 59
Hoffmann, Erich 31	Hoppmann & Mulsow 29	Ibach, Werner 4	Jaspers, B. 43
— Fritz 47	Hoppner, A. 43	Iber, K. 43	Jenne, Walter 34
— Helmut 43	Horbach, Ludwig 26	Ibler, Hans 53	Jenning, Walter 26
— Joachim 26	Hormann, August 31	Ide, Heinz 7	Jensen, Ralph 26
— H. 18	von Horn, Hans- Hellmuth 53	Ifürel G.m.b.H. 16	Jeschke, Alfred 19
— Karl 36	Horn, Heinz 40	Ildefeld, Carl-Erich 36	— Hans 26
— Karl 43	— Josef 59	Ihm, Adolf 19	Jessen, Hans- Christian 12
— Karsten 26	— Werner 19	Ihrig, Heinrich 43	Jessulat, Walter 12
— Otto 11	— Willy 31	Ilge, Willi 19	Jester, Theo 40
— Wilhelm 11	Horneff, Georg 26	Illenberger, Eugen 59	Jetter & Scheerer A.-G. f. Fein- mechanik 63
Hoffmeister & Sohn 16	Hornung, Paul 47	Illichmann, Otto 65	Jochems Wilhelm 1
— & Sohn 68	Horst, Adam 18	Imhof, Gustav 12	Jockel, K. 19
Hoffschmidt, Clemens 40	— Ernst 56	Imkenberg, Heinz 5	Joens, Werner 7
Hoffstadt, Heinrich 11	Horstkötter, Willi 40	Immel 4	Joepen, Hans 1
Hofholz, Walter 59	Horstmann, Heinr. 11	Incze, Anton 7	Jörg, Fritz 52
Hofmann, Arnold 11	Hosche, Helmut 5	Industriewerk Karlsruhe A.-G. 35	Jörger, Fr. 34
— August 59	Hosp, Leo 59	Inneken, Georg 42	Joerissen, Joh. 1
— H. 43	Hoßner, Herbert 38	Irlon, Eugen 59	Johann, H. 19
— Hans 43		Irkes, Johann 12	

Seite	Seite	Seite	Seite
Johannsen, Matthias . 26	van Kaick, A. . . 22	Kaucher, Wolfig. . 65	Kirchner, Adolf . . 48
Joksch, Fritz . . . 3	— Hch. 19	Kaufer, Erich . . . 12	Kirmes, Gustav . . 48
Jokusch, Hans . . . 48	Kaiser, Dietrich . 19	Kaufhold, Laurenz . 12	Kirsch, Chr. 19
de Jong, Peter . . . 52	— Erich 19	Kaufmann, Otto . . 12	Kissel, Hans 48
Jordan, Erhard . . . 12	— Gerhard 12	— Th. 40	Kissenkötter, H. . . 31
— H. 19	— Gotthilf 59	Kaup, Hans 12	Kittler, Ludwig . . . 59
— Heinz 7	— Hermann 31	Kautzmänn, Otto . . 34	Klambt, Helmut . . . 12
— Martin 26	— Kurt 26	Kayser, Erwin . . . 59	Klasen, Hermann . . 65
Josephs, Walter . . 40	— Rudolf 48	— Jean-Pierre . . . 19	— Johann 12
Jovv 64	— Wilhelm 26	Kehr, Wilhelm . . . 59	Klatt, Georg 31
Jüngling, Wolfgang . 48	— & Co. 68	Kehrs, C. W. & Co. . 8	Klatte, Gerhard . . . 48
Jürß, Friedrich . . . 19	— & Spelsberg . . 68	Keidel, Eberhard . . 59	Klaucke, Henry . . . 26
Jüttling, Hans . . . 4	— -Wilhelm-Insti- tut f. Biophysik . 22	— W. 31	Klaus, Rudolf 19
Juffa, Richard . . . 40	Kaisser, Carl . . . 59	Keil, Adolf 19	Klebeck, W. 31
Jung, Albrecht . . . 68	Kalähne, Dietrich . 5	— Heinrich 7	Kleber, Anton 26
— Emil 34	Kalde & Co., Carl . 2	— Karl 31	Klebert, Artur . . . 43
— Georg 26	Kalden, Herbert . . 12	Keiper, Karl 43	Kleeberg, Hans . . . 54
— Heribert 12	Kalkner, Bernhard . 59	Kelbe, Friedr. . . . 31	Kleefeld, Helmut . . . 4
— Johannes 12	Kallas, Hans 48	Keller, A. 19	Kleffel, Wolfgang . . 54
— Karl 59	— Hans jun. 48	— Albert 34	Kleiber, Sigmund . . . 48
— Philipp 23	Kallenbach, Ludwig . 26	— Franz 54	Kleim, Werner 36
— Siegrf. 65	Kallies, Günter . . 40	— Hans, 43	Klein, Erich 3
— Wolfg. 65	Kallweit, D. 19	— Sven 54	— Gerhard 48
ten Jung, W. 34	Kaltenbach,	von Keller, Theodor . 48	— Joh. 4
Jungblut, Franz . . 7	Remigius 65	Kellersohn, Heinz . . 7	— Josef 36
Jungk, Peter 4	Kaltenmark, Otto . 59	Kemmena, P. 31	— Julius 7
Jungmann, R. 19	Kalthoff, Alfred . . 16	Kenmeries, August . . 7	— Julius 34
Junken, Werner . . . 59	Kaltschmid, Karl, .	Kemmerlings, Heinz . 12	— Walter 54
Junker, Otto 1	Eisen u. Metall- werk G.m.b.H. . . 63	Kemper, H. 31	— Werner 59
— Otto, G.m.b.H. . . 68	Kalwar, Eduard . . . 54	Kempken, K. 31	Kleinknecht 65
— & Ruh A.-G. . . . 35	Kalweit, Erich . . . 68	Kentler, H. 31	Kleinpeter, Hans . .
Jurassek, Ludwig . . 52	— Gerhard 12	Kerl, Hermann 64	Günther 28
Just, Ulrich 19	Kamke, Willy 29	Kerpen & Co., . . .	Kleinsteuber, . . .
Justus, Eckhard . . . 68	Kamloth, Helmuth . 3	G. m. b. H. 2	Werner 23
	Kammerer, E. 34	Kerschgens, Franz .	Klemm, Josef 36
Kaak, Rudolf 38	Kammeyer, Karl . . 31	Josef 12	— Karl-Ernst 19
Kabacinski, Albert . 36	Kampf, Willi 7	Keser, Fridolin . . . 59	Klemmt, Friedrich . . 12
Kabel- und Draht- werke A.-G.,	Kampfhenkel, Paul . 26	Kesselring, Th. . . . 54	Klett, Hermann . . . 59
Kabelwerk Voh- winkel 68	Kampfhause,	Keßler, A. 31	Klewe, Ernst-Bern- hard 12
Kabel- u. Leitungs- werke A.-G. 56	Walter 12	Ketelsen, Peter . . . 38	Klimek, Erwin 3
Kabelwerk Duis- burg 16	Kampschulte, Dr. . . 68	Ketnath, Artur . . . 12	Klimmer, Franz . . . 54
— Frowein G.m. b.H. 68	Kanitz, Friedrich . . 26	Kettelhake, Werner . 56	Klimscha 64
— Reinshagen G.m. b.H. 68	Kanitz, Wilh. 26	Kettenbaum, Robert . 40	Kling, Karl 54
— Rheydt A.-G. . . . 52	Kanngieser, Erich . . 31	Keuchel, Günther . . 12	Klingelhöller, . . .
— Wagner K.-G. . . . 68	Kanngießer, Albr. . 36	Keutner, Erwin . . . 36	Werner 65
— Wilhelminenhof . 22	Kapeller, Heinrich . 54	Keve, Thomas 1	Klingenhöffer, . .
Kade, Friedrich . . . 43	Kappelmayer, Lud- wig 12	Kiefer, Alois 43	Viktor 12
Kaden, Rudolf 7	Kappes, H. 19	— Wilhelm 34	Klinker, Johannes . . 59
Kadur, Otto 54	Kappesser, H. . . . 19	Kiehl, Walter 5	Klippe, Hans 26
Kächele, Georg . . . 59	Karch, H. 19	Kiehn, Herbert . . . 12	Klivar, Erich 43
Kaegel, Helmut . . . 19	Karges, Richard . . 48	Kiel, Adolf 59	Klock, Günther . . . 26
Kaehne, Rudolf . . . 59	Karl, Georg 48	— E. 65	Klöber, Wilhelm . . . 12
Kaempf, Peter 54	Karle, Berthold . . 59	Kieler Verkehrs- A.-G. 39	Klöckner, Bernhard . 26
Kaempfel, Jakob . . 48	Karrer, Otto 48	Kielmann, Franz . . 54	— Moeller G.m. b.H. 42
Käppel, Harri 26	Kartelmeyer, Wilh. . 48	— Otto 5	Klöfkorn, Hans- Joachim 34
Käpple, A. 19	Kasch, John 38	Kiene, Karl 31	Klöntsch, Paul . . . 26
Kärmer, Gustav . . . 65	Kascha, Anton . . . 12	Kienzler, Karl . . . 36	Klörns, Wilhelm . . . 22
Kaaser, F. 43	Kaske, Heinrich . . 40	Kiepe, Thcodor . . . 8	Klopsch, E. 31
Kassemodel, Fritz . 26	Kaspar, Arthur . . . 48	Kieselbach, Karl . . 19	Klostermann, F. W. . 40
Kästl, Erich 7	Kasperowski, Otto- mar 48	Kieser, Walter . . . 40	Klüpfel, Ernst . . . 43
Kaestner, Erh. 4	Kassau, Fr. 19	Kiesewetter,	Kluppelberg, Oscar . 65
Kästner, W. 19	Kassebeer, Heinr. . 12	Franklin 36	Klumker, H. 19
Käuffl, Alois 48	Kassing, Wilh. . . . 12	Kilb, Ernst 48	Knaack, Walter . . . 40
Kagel, Hans 26	Kassler, Ewald . . . 59	Killi, Anton 48	Knäbler, Rudolf . . 59
Kahl, Heinz 19	Kastenbein, Helmut . 65	Kind, Fritz 7	Knaisch, August . . . 59
Kahlenborn, Josef . 40	Kastner, F. A. . . . 19	der Kinderen, Jean . 19	Knapp, Werner 7
Kahnert, Bruno . . . 48	Katschner, Max . . . 5	Kindermann, Hans- Joachim 26	Knappe, Georg 66
Kahrman, R. & Co. . 52	Kattl, Christian . . 48	Kinge, L. 63	Knauer, Hans 36
	Katzenberger 43	Kinscher, Heinz . . . 34	Knauf, Gerhard . . . 26
	Katzer, Reinold . . 23	Kinzelbach, Rudolf . 19	Knausenberger, . .
	Kau, Josef 12	Kipper, Josef 40	Wilhelm 54
		— Otto 65	
		Kirbach, Friedrich . 48	
		Kircher, Josef . . . 12	

Namenverzeichnis

Seite	Seite	Seite	Seite
Kneidl, Albin . . . 48	Koeßler, Paul . . . 4	Krauß, Eugen . . . 66	Kruse, Erich . . . 26
Kneisel, Otto . . . 19	Koeth, August . . . 54	— Herbert . . . 44	— Wilhelm . . . 38
Kneissl, Adolf . . . 48	Koetter, Adolf . . . 12	— Hermann . . . 60	Kruska, Emil . . . 38
— Richard . . . 48	Köttgen, Carl . . . 7	— Otto . . . 48	Kruth, Wilhelm . . . 26
Knep, Heinz . . . 40	Koetzold, Bernd . . . 31	Krauth, Helmut . . . 44	Kubesch, Willi . . . 7
v. d. Knesebeck, . . . 40	Kogelschatz, Otto . . . 56	Krebs, Alfons . . . 31	Kübler, Erwin . . . 60
Bodo . . . 40	Kohl, Gustav . . . 12	— Erhard . . . 48	Küchler, Rudolf . . . 60
Knetsch, Fr. . . . 19	Kohlbeck, Alois . . . 54	— Franz . . . 60	Kücke & Co. . . . 68
Kniebe, Werner . . . 48	Kohn, Richard . . . 60	Krechel, Paul . . . 54	Kühl, Hans . . . 26
Kniel, Erwin . . . 34	Kohnle, Otto . . . 60	Krefft, W., A.-G. . . 68	Kühle, Hermann . . . 31
Knierim, C. . . . 19	Kohrs, Erich . . . 19	Kreft, Helmut . . . 4	— Wilh. Eberhard . . . 41
Kniffler, Alfred . . . 26	Kois, Johannes . . . 38	— Walter . . . 12	Kühlenthal, Siegrfr. . . 54
Knipper, Hans . . . 59	Kokotz, Egon-Hans . . . 34	Kreinsen, Ernst . . . 44	Kühn, Axel . . . 12
Knitter, Kurt . . . 66	Kolarov, Iwan . . . 60	Kreiser, Alfred . . . 60	— Hans . . . 48
Knoblich, Helmuth . . . 26	Kolb, Emil . . . 40	Kreis-Werke Braun- . . . 60	— Kurt . . . 12
Knoch, Hermann . . . 34	— Georg . . . 43	kohlengrube . . . 5	Kühndal, Ernst . . . 5
Knödler, Karl . . . 59	— Paul . . . 60	Maria . . . 22	Kühne, Heinz . . . 12
Knöll, Wilhelm . . . 7	Kolkhorst, Friedr. . . 12	Kremer, Bernh. . . 66	Kühnel, Hans . . . 12
Knop, Ludwig . . . 36	Kolloch, Franz . . . 31	— Hans . . . 66	— Heinz . . . 60
— Otto . . . 12	Kolster, Wilhelm . . . 60	Kremers, Willi . . . 12	Kühnemann, Kurt . . . 48
Knorr, Udo . . . 48	Komp, Peter . . . 40	v. Kremling, Kurt . . . 44	Kühnle, Anton . . . 60
Knost, Hugo . . . 31	Kondziella, Konrad . . . 12	Krenkel, Helmut . . . 60	Külgen, Wilhelm . . . 52
Knühl, Helmut . . . 54	Konen, Bernhard . . . 56	Krenz, Kurt . . . 7	Kümmel, Ludwig . . . 60
Knust, Ludwig . . . 12	Konrad, Karl . . . 54	Kress, Johann . . . 48	Kümpel, Friedr. . . 12
Kober, A. . . . 19	Konz, Otto . . . 60	Kresse, Heinrich . . . 31	Kündiger, Erich . . . 41
— Artur . . . 12	Kopp, Carl-A. . . 12	Kretz, Rudolf . . . 23	Küper, Julius . . . 12
Kobus, Hans . . . 31	— Hans . . . 48	Kretzer, Gustav . . . 41	Künnecke, H. . . . 31
Koch, Albert . . . 59	Koppány, Herbert . . . 48	Kretzmann, Reinh. . . 26	Küpper & Kauls . . . 68
— Enno . . . 59	Koppe, Hermann . . . 26	Kretzschmar, Bruno . . . 41	Küppers, Alfred . . . 11
— Franz . . . 7	— Hermann . . . 40	Kreutzenbeck, . . . 12	— Hubert . . . 1
— Friedrich . . . 19	Kopper, G. . . . 19	Johannes . . . 12	Küppersteg, Elek- . . . 42
— Friedrich . . . 26	Korda, Alfred . . . 66	Kreuzer, Arthur . . . 7	trotechn. Fabrik . . . 42
— Hans . . . 66	Kordes & Cie. . . . 35	— Paul . . . 44	Kürschner, Emil . . . 60
— Heinz . . . 66	Korff, August . . . 12	Kricheldorf, Gustav . . . 5	Kürsten, Waldemar . . . 36
— J. . . . 43	Korndörfer, Georg . . . 19	Kriege, Adam . . . 12	Kürth-Landwehr . . . 36
— Joh. Adolf . . . 26	Kornfeld, Walter . . . 48	Krieger, Heinrich . . . 48	Kugel, Johann . . . 12
— Josef . . . 19	Kosack, Emil . . . 66	— P. . . . 19	Kugler, Hans . . . 60
— Karl Heinz . . . 26	— Hans-Joachim . . . 26	— Wilhelm . . . 4	Kuhaupt, F. . . . 66
— Otto . . . 43	Kosse, Manfred . . . 43	Krieter, Günther . . . 4	Kuhbier, Günter . . . 12
— Rudolf . . . 31	Kostal, Leopold . . . 68	Krines, Oskar . . . 48	Kuhlen, Hans . . . 52
— Walter . . . 36	Koswig, Rudolf . . . 26	Kriwan, Karl . . . 66	Kuhlmann, Carl . . . 26
— Wilfried . . . 66	Kother, Johann . . . 41	Kröber, Horst . . . 60	— Richard . . . 26
— Wilhelm . . . 31	Koths, Friedrich . . . 7	Kröff, Hans . . . 12	Kuhn, Fritz . . . 48
— Wilhelm . . . 48	Kottenmeier, Bern- . . . 38	Kröger, Heinrich . . . 26	— Karl . . . 60
— Wilhelm, K.-G. . . 3	hard . . . 38	— Rudolf . . . 26	— Otto . . . 31
Koch & Co., F. . . . 32	Kottsieper, Herm. . . 12	— Wolf . . . 54	Kullmann, Theo . . . 19
Kochhafen, E. . . . 19	Koux, Jacob . . . 7	Kroemer, Helmut . . . 1	Kulose, Bernhard . . . 19
Kock, Friedrich . . . 31	Kowalewski . . . 19	Kröner, Hans . . . 12	Kulp, Paul-Gerhard . . . 19
— Wilhelm . . . 38	Kracht . . . 68	Krönert, Jos. . . . 54	— Wilhelm . . . 31
Köffender, Peter . . . 7	Kraeft, Heinz . . . 26	Kröning, G. . . . 19	Kumm, Wolfgang . . . 12
Kögel, Karl . . . 59	Krägeloch, Hans . . . 68	Krohe, Hansgünther . . . 3	Kummler, Kurt . . . 44
— Lucas . . . 34	Krägeloh & Co., . . . 68	Kroll, Adolf . . . 54	Kunde, Friedrich . . . 12
Köhler, A. . . . 66	Theodor . . . 68	Kromberg & Schubert . . . 68	Kundel, Bernhard . . . 44
— Ernst . . . 59	Krämer, Bernh. . . . 4	Kromer, Carl-Th. . . . 34	Kunert, Erwin . . . 54
— Helmuth . . . 36	— Ludwig . . . 19	Kron, Heinz . . . 44	Kuntermann, Ludw. . . 26
— Peter . . . 36	— Wilhelm . . . 60	— W. . . . 19	Kuntke, Alfred . . . 26
Köhl, Karl . . . 48	Krätz, Heinrich . . . 19	Krondorf, Paul . . . 31	Kuntze, Arthur . . . 7
Kölle, Gustav . . . 60	Krätzmann, Reinhard . . . 26	Kronenberg, Hans . . . 66	Kuntzemüller, . . . 23
Köller, Josef . . . 48	Kraft, August . . . 60	Kromprinz A.-G. . . . 68	Viktor . . . 23
Kölsch, Ernst . . . 66	— Paul . . . 3	Kropp, Herbert . . . 23	Kuntzmann, Eugen . . . 41
Kömhoff, R. . . . 19	Krahn, Anton . . . 52	— Hermann . . . 48	Kunz, E. . . . 35
König, Alfons . . . 66	Kramer, Heinz . . . 38	Kroseberg, Rudolf . . . 60	— Hugo . . . 12
— Hans . . . 26	— Karl . . . 12	Krovoza, Franz . . . 31	— Johann . . . 66
— S. . . . 66	Kranz, Friedr. . . . 41	Krüger, Adolf . . . 12	— Lother . . . 19
Königsbüscher . . . 12	— Rudolf . . . 44	— Bernhard . . . 31	Kunze, Ernst . . . 44
Koenn, E. . . . 38	— Wilhelm . . . 12	— Eberhard . . . 12	— Franz . . . 41
Koepchen, A. . . . 12	Krapp, Karl . . . 44	— Hans . . . 19	— Friedr. . . . 3
Köppen, Wilh. . . . 26	Kraus, Günther . . . 48	— Hermann . . . 66	— Hans . . . 31
Koepper, Fred . . . 54	Krause, Bruno . . . 44	— P. . . . 19	— Helmut . . . 48
Körber, Rudolf . . . 7	— Eugen . . . 23	— Paul . . . 12	— Ulrich . . . 44
Körfer, Carl . . . 26	— Gerhard . . . 60	— Robert . . . 26	Kunzler, Paul . . . 31
Körner, Paul . . . 43	— Günther . . . 31	Krützfeld, Peter . . . 44	Kunzmann, Friedr. . . 54
Koesche, Eugen . . . 54	— Otto . . . 12	Krum, Fritz . . . 34	Kuom, Wilhelm . . . 60
	— Robert . . . 52	Krumrey, Alfred . . . 19	Kurlbaum, Georg . . . 54
	— Werner . . . 12	Krupp, Peter . . . 41	Kurschildgen, Peter . . . 7

Seite	Seite	Seite	Seite
Kurth, Carl . . . 31	Langguth, H. . . 44	Lenckersdörfer, Herbert . . . 26	Link, Wilhelm . . . 12
Kurz, Adolf . . . 19	Langhaus, Walter . . . 54	Lenk, Helmut . . . 54	Linker, Georg . . . 66
— H. . . . 19	Langheineken, Fritz . . . 3	Lennartz, Herbert . . . 60	Linse, Hermann . . . 60
— Wilh. . . . 66	Langhorst, Wilhelm . . . 38	Lennertz, Jos. . . . 41	Linow, Peter . . . 26
Kurze, Arthur . . . 3	Langkau, H. . . . 19	Lenninger, Ludwig . . . 12	Linz, Erich . . . 66
Kury, Helmut . . . 54	Langmantel, Kurt . . . 44	Lent, Heinrich . . . 12	Lion, Fr. Albert . . . 26
Kusche, Kurt . . . 41	Langner, Helmut . . . 12	Lentze, Günther . . . 12	Lipken, Walther . . . 12
Kuschmann, Helmut . . . 26	Langsdorf, E. . . . 34	Lenz, F. . . . 19	Lisson, Paul . . . 5
Kutscher, Willi . . . 36	Langwost, Hermann . . . 31	— Hans 60	List, Anton Markus . . . 48
Kuttenkeuler, Hans-Bert . . . 60	Lanz, Julius . . . 12	Leonhard, Adolf . . . 60	Litter, Kurt . . . 54
Kylius, E. P. . . . 19	Lapp, Heinz . . . 19	Leonhardt, Hans . . . 48	Litterscheidt, Josef . . . 12
	Lassen, Thomas . . . 26	— Ludwig 12	Lloyd Dynamowerke . . . 6
	Laßmann, Eduard . . . 54	Leopold, Otto . . . 36	Loacker, Albert . . . 60
	Lau, Hermann . . . 31	— Willi 60	Lobeck, Josef . . . 56
	— Lothar 1	Lepper, August . . . 41	Locher, Franz . . . 12
Laakmann, Otto A.-G. . . . 22	Lauber, Walter . . . 60	Leppin, Walter . . . 66	Lochmann, Hans . . . 60
Laaks, Hans 1	Laue, Gustav . . . 31	Lerch, Otto . . . 36	Lochmüller, A. . . . 34
Laber, Peter . . . 48	— Karl 41	Lersmacher 1	Lockemann, Wilhelm . . . 48
v. d. Laden, Hermann . . . 12	— Wilhelm . . . 31	Lesch, G. . . . 34	Löbl, Oskar . . . 12
Lämmelin, Walter . . . 23	Lauer, Heinrich . . . 44	Less, Benno . . . 52	Loebner, Friedrich . . . 12
Läpple, Otto . . . 60	— R. . . . 34	— Benno 60	Löhner, Edgar . . . 7
Laese, Helmut . . . 19	Lauffs, Georg . . . 1	Lessenich, Wilhelm . . . 1	Löloff, Friedr. Max . . . 4
Lätsch, Robert . . . 38	Laun, F. . . . 19	Lethen, Robert . . . 1	Loes, W. . . . 34
Lafrenz, Henry . . . 38	— Oskar 60	Letsch, L. . . . 34	Löscher, W. . . . 19
Lager, Peter . . . 12	Laur, Georg . . . 23	Lettmann, Theodor . . . 12	— Walter 48
Lahm, Max . . . 41	Lauster, F. . . . 19	Lettow, H. . . . 19	Lösekrug, Karl . . . 66
Elektrizitäts-A.-G. vorm. W. Lahmeyer & Co. . . . 22	Lautensach, Hans . . . 48	Leu, Alfred . . . 48	Lösner, K. . . . 19
Lakenberg, Wilh. . . 12	Lauther, Gustav . . . 66	Leue, Wilhelm . . . 38	Loew, Heinz . . . 44
Lamberts, Kurt . . . 4	Lawrenz, Ernst . . . 60	Leverkues, C. . . . 5	Löwenberg, Klaus Wilh. . . . 41
Lameg, H. . . . 34	Leber, Erich . . . 19	Lewerentzen, Kurt . . . 26	Loewer, Fritz . . . 34
Lamm, Walter . . . 60	— O. . . . 19	Lewicki, Gerhard . . . 44	Lohmeyer, Johannes . . . 26
Lammenett, Bruno . . 12	— Paul 66	Leyhausen, Wilh. . . 54	Lommel, Curt . . . 31
Lammerskitten, Max . . 12	Lechler, Eugen . . . 60	Lichtenberger, Erwin . . 7	Longinus, K. W. . . . 68
Lamoller, Richard . . 56	Lecuona, Pablo . . . 66	— Fritz 19	Lonsky, Paul . . . 19
Lampe, Erich . . . 4	von Ledebur, Wigbert . . . 19	Lichtschlag, H. . . . 19	Lonza Werke . . . 24
— Hans 66	Lederer, Eugen . . . 54	Lieben, von 7	Loos, Linus . . . 31
Lamshöft, Bernh. . . 66	— Georg 48	Liebenstein, Gustav . . 44	Loosen, Gerhard . . 12
Land, Ernst . . . 36	Ledwinka, Emil . . . 54	Liebetrau, Kurt . . . 19	Lorenz, Arthur . . . 27
Land- und Seekabelwerke A.-G. . . . 42	Lefeldt, Ch. . . . 19	Liebing, Werner . . . 12	Lorenzen, Claus . . . 27
Landefeld, Walter . . 7	Leffler, Engbert . . 36	Liebscher, Gerhard . . 48	— Karl 1
Landenberger, Wilh. . 38	Leger, Friedrich . . 44	Lieck, Paul 5	— Lauritz 27
Landesgewerbeamt Stuttgart . . . 63	Legler, Albin . . . 26	Liedtke, Gerhard . . . 26	Lopitzsch, K. H. . . 44
Landgraf, Eduard . . 19	Leh, Hermann . . . 23	— Ludwig 7	Losch, Hermann . . . 7
Landrock, Herbert . . 26	Lehlbach, Hermann . . 44	Liehr, Ernst 38	Losukow, Klaus . . . 19
Landberger, Robert . . 31	Lehmann, Ewald . . . 26	Liersch, Richard . . . 26	Lotz, Karl . . . 41
Landschaftliche Brandkasse . . . 32	— Franz 38	Liertz, Josef 48	— Paul 44
Landsiedel, Heinrich . 19	— Friedrich . . . 38	Lietz, Gustav 60	Lotze, Hermann . . . 60
Landsmann, Wilh. . . 26	— Karl 52	Lill, Paul 38	Loy, Hans 48
Landwehr, Wilhelm . . 36	— Walter 12	— Robert 66	— Herrmann 56
Laneus, Gerhard . . . 36	Lehmhaus, Friedr. . . 12	Limann, Otto 60	Lucan, Wilh. . . . 66
Lang, Alfred . . . 60	Lehmkuhl, Heinr. . . 12	Linnck, Wolfgang . . . 19	Luchembühl, Werner . . 66
— Franz 60	Lehner, F. . . . 19	Lind, V. . . . 19	Lucht, R. . . . 38
— Gerhard . . . 60	— Hans 34	Lindeke, Ernst . . . 56	Ludendorff, Gerd-Harald 41
— W. . . . 19	Lehnert, Fritz . . . 66	Lindenberger, Otto . . 66	Ludewig, R. . . . 31
— Otto 23	Lehr, Rudolf . . . 60	Lindenstruth, F. . . . 19	Ludolf, Gerhard . . . 36
— Wilhelm . . . 26	Lehrmann, Günther . . 4	Lindhoff, J. . . . 19	Ludwig, Matthias . . 54
Langbein, Helmut . . 26	Leichtle, Georg . . . 48	Lindinger, Wolfg. . . 44	Lübke, Wilhelm . . . 7
Lange, Arthur . . . 26	Leidel, Joh., Elektr. Apparateb. . . . 16	Linder, Richard . . . 60	Lück, Erwin . . . 48
— F. . . . 19	Leider, Eberhard . . 54	Lindmaier, Werner . . 26	Lücke, Friedrich . . 12
— Hch. . . . 3	Leidig, Ludwig . . . 44	— Erich 31	Lüdeling, Heinrich . . 3
— Heinrich . . . 31	Leikam, Karl . . . 12	— Gustav 48	Lüdemann, Wilhelm . . 5
— Hermann . . . 66	Leimer, A. . . . 31	— Hans-Joachim . . 54	Lüder, M. . . . 31
— Josef 36	Leinemann, Alfred . . 3	— Karl 12	Lüderitz, Werner . . 66
— Walter 12	Leiner, Wolfgang . . 60	— Richard 12	Lüders, Günther . . 19
Langefeld, Walter . . 52	Leininger, Heinrich . 48	— Siegmund 12	Lüger, Hermann . . 13
Langel, Josef . . . 41	Leinthal, Josef . . . 48	Lindstaedt, Wilh. . . 12	Lühr, Friedrich . . . 3
Langenau, Hellmut . . 3	Leiser, W. . . . 34	Lingemann, Josef . . . 66	— Wilhelm 27
Langenkamp, Heinz . . 60	Leiß, Bruno 7	Lingenfelser, Heinrich . . . 60	Lüneburg, Carl . . . 13
Langner, Anton . . . 38	Leitner, W. . . . 34	Lingner, Otto . . . 54	Lüssmann, Walter . . 27
— Heinrich . . . 48	Leitsmann, Max . . . 31	— Hans 34	Lütgens, Carl . . . 27
	Leitzmann, Hans . . . 7	— Herbert 26	Lütjen, Albert . . . 27
	Lembeck, Gustav . . . 4		Lüttecke, Werner . . 13
	Lemmert, Paul . . . 60		
	Lemon, Herbert . . . 19		

Namensverzeichnis

Seite	Seite	Seite	Seite
Lüttich, Ludwig . . . 36	Martin, Wilh. . . 13	Meier, Paul . . . 41	Meyer, K. . . . 20
Lüttringhaus, W. . . 31	— Willy . . . 60	— Willi . . . 27	— Karl . . . 31
Lunge, Dieter . . . 27	Martloff, Fr. . . 34	Meinberg, Ewald . . 13	— Karl Aug. . . 31
Luschert, Ernst . . 36	Marx, Erwin . . . 4	Meincke, Wilhelm . . 5	— Karl-Eberhardt . 54
Lutz, August . . . 48	— Hermann . . . 34	Meinhardt, Hans . . 27	— Kurt . . . 31
— Erwin . . . 60	— Karl . . . 60	— Heinz . . . 44	— Oskar . . . 31
— Hans . . . 66	Marzell, Otto . . . 31	— Walter . . . 13	— Otto . . . 66
Lynen, Gerhard . . 48	Marzini, Franz . . 60	Meinzinger, W. . . 34	— Reinhold . . . 31
— Hans . . . 1	Masing, Walter . . 19	Meisselbach, Fritz . . 5	— Robert . . . 13
	Massar, Ernst . . 60	Meißner, Hans . . . 5	— Werner . . . 27
Maack, Otto . . . 44	Maßberg, Otto . . 13	— Hans . . . 27	— Wilhelm . . . 7
Maase, Klaus . . . 7	Maßler, Erwin . . 60	Meister, Karl . . . 13	— Wilhelm . . . 31
Maaß, Erwin . . . 19	Mast, Max . . . 60	— Rudolf . . . 27	— Delius, Heinr. . 44
— W. . . . 19	Masukowitz, Hans . 19	Melcher, Artur . . . 66	Meyn, Arthur . . . 13
Mach, Hans . . . 66	Materna, Hans . . 19	Melchinger, Arthur . 27	Meysenburg, . . .
Mack, Hans Karl . . 44	Mathes, Karl . . . 20	Meller, Ingo . . . 60	August-Wilh. . . 13
— Josef . . . 60	Mathias, Joachim . 44	Melüh, Paul . . . 27	— Helmut . . . 13
— Engelbert . . . 52	Matschek, Karl . . 27	Melzer, Günter . . . 27	Michaelis, Otto . . 7
Machenschalk, Adolf 48	Matt, Georg . . . 48	Memmert, Willi . . . 54	— Otto . . . 48
Mackh, Hansjörg . . 34	Mathes, Georg . . 36	Menge, Karl . . . 48	Michel, Franz . . . 31
Madée, Walter . . . 36	Matthaei, Hans . . 27	Mengemann, G. . . 31	— Johann . . . 60
Mader, Wilhelm . . 54	Mathias, Karl . . . 27	Menke, Helmut . . . 13	— Karl . . . 20
Maderwald, Edgar . 3	— Werner . . . 5	Menner, Paul . . . 60	— Otto . . . 48
Mäckel, Franz Josef 48	Mau, Heinrich . . 44	Menrad, Kurt . . . 44	— W. . . . 20
Märker, Helmut . . 56	Mauder, Albert . . 54	Menz, Kurt . . . 38	Michelbacher, Peter 1
Märklin,	Mauelshagen, W. . 31	Menze-Gutmann, . . 6	Michelis, Theodor . 66
Gebr. & Cie. . . 63	Mauerer, Heinrich . 54	Ferdinand . . . 6	Michels, J. . . . 20
Maertens, Karl . . 54	Maurer, Gregor . . 54	Menzel, Hch. . . . 20	— Wilhelm . . . 13
Maesser, Felix . . 48	— Lothar . . . 54	Merck, E., Rechts- . .	— & Co. . . . 68
Mättig, W. . . . 31	— Otto . . . 1	abteilung . . . 22	Middendorf, Herbert 38
Magener, Wilh. . . 27	— Peter . . . 34	Merker, Fritz . . . 41	Miebach, Hugo . . . 16
Magnum, Gert . . . 54	Maus, Rudolf . . . 13	Merkelbach, Heinrich 20	Mierzwa, Willi . . . 27
Mahkorn, Richard . . 54	Mausch, Hans . . . 48	— Rudolf . . . 41	Miesner, E. . . . 44
Mahlmann, Adolf . . 36	Mauz, Paul . . . 60	Merkle, Willi . . . 60	Mikeska, Leo . . . 6
Mahlo, Heinz . . . 48	Mauz & Pfeiffer . . 63	Mersiowky, Hans . . 48	Milde, Josef . . . 52
Mahr, Otto . . . 36	Max, Hans . . . 1	Merten, Gebr. . . . 68	Milich, Arthur . . . 27
Maier, Artur . . . 48	May, Karl . . . 66	Mertens, Eduard . . 13	Militz, Ernst . . . 3
— Christian . . . 60	— Wolfgang . . . 31	— Fr.-Wilh. . . 52	Miller, Fritz . . . 60
— Friedrich . . . 54	— Wolfg. . . . 54	— Jos. . . . 31	— Josef . . . 48
— Josef . . . 48	— & Christe . . . 22	— Karl . . . 7	— von, Rudolf . . . 48
— Karl . . . 48	Maybaum . . . 68	Mertner, Fritz . . . 54	Milz, Josef . . . 41
— Karl . . . 60	— Ludwig . . . 13	Merx, Josef . . . 60	Minden, v., Wilh. . 27
— Theodor . . . 60	Metallwarenfabrik, .	Merz, E. Ludwig . . 41	Minhorst, Ewald . . 13
Mair, Hans . . . 44	Maybaum . . . 16	— Karl . . . 44	Minssen, Enno . . . 44
Mais, Georg . . . 7	Mayer, Adolf . . . 44	— L. . . . 34	Mirbeth, Johann . . 49
Maison, Leo . . . 54	— August . . . 44	— Ludwig . . . 66	Mirowsky, Johann . 27
Mally, Emil . . . 48	— Erwin . . . 60	Meschede, Hans . . 13	— Rudolf . . . 27
Mampell, Dieter . . 34	— Gerhard . . . 13	Meske, Felix . . . 38	Mirschinka, Herbert 13
Mandewirth, Alfred 13	— Jos. . . . 34	Messer, Adolf . . . 22	Misfeldt, Max . . . 38
Mandler, Hugo . . . 23	— Paul . . . 66	Messerer, Erich . . . 48	Missel, Theo . . . 13
Manger, Fritz . . . 1	— & Co., G.m.b.H. . 68	Messing, Albert . . . 7	Mißling, Helmut . . 20
Mangold, August . . 36	Mayerhofer, Franz . 27	Mester, Hermann . . 56	Mitlehner, Fritz . . 54
Mangoldt, v., Walter 13	— Josef . . . 27	Mestermann, R. . . 31	Mittelsten-Scheid, .
Mann, Franz-Josef . 54	Mayländer, Heinz . 60	Metge, Aug. . . . 4	Erich 66
— Fritz . . . 27	Mayr, Alois . . . 48	Metz, G. . . . 20	Mitzel, Wilhelm . . 49
— Fritz . . . 48	— Alois . . . 54	Mettenleiter, Franz 48	Mix & Genest A.-G. 63
— Günther . . . 36	— Johann . . . 48	Metzenauer, Eduard 66	Mlody, Clemens . . 52
Mannes, Ludwig . . 38	— Josef . . . 54	— & Jung K.-G. . . 68	Modersohn, Otto . . 6
— Ludwig . . . 41	— Karl . . . 48	Metzler, Wilhelm . . 20	Modest, Josef . . . 44
Mannesmann- . . .	— Otto . . . 13	Meumann, Peter . . 27	Modlinger, Richard 49
röhren-Werke . . . 8	Mayser, Otto . . . 27	Meurer, H. . . . 20	Modrow, D. . . . 34
Mansfeld, Herbert . 60	Meckel, Rudolf . . 13	Mevissen, Josef . . 13	Möglich, Emil . . . 27
Mark, W. . . . 19	Meckelburg, . . .	Meyenburg, Franz . . 27	Möhl, Wolf . . . 20
Markmiller, Georg . 52	Gerhard . . . 36	Meyer, Alexander . . 41	Möhle, Theodor . . 66
Marquardt, Alex . . 27	Meese, Helmut . . . 4	— Carl . . . 27	Möhrle, Karl . . . 34
— P.-Hermann . . . 60	Megede, zur, Werner 54	— Eduard . . . 13	Mölk, Gerhard . . . 38
Marquart, Fritz . . 48	Mehlhardt, W. . . 34	— Friedrich . . . 31	Möllenberg, Rolf . . 27
Marten, Robert . . 13	Mehlkopf, Leo . . . 13	— Gerhard . . . 64	Moeller, Fr. . . . 20
Martens, Günter . . 27	Mehnert, Erich . . 44	— Gustav . . . 66	— Franz . . . 4
— Heinz . . . 60	Meier, Fr. W. . . 31	— Hans . . . 48	— Rudolf . . . 27
— Werner . . . 27	— Hans-Arthur . . 13	— Hans . . . 52	Möller, Friedr.-Karl 13
Martienssen, O. . . 38	— Karl . . . 54	— Heinrich . . . 27	— John . . . 38
Martin, Josef . . . 41	— Otto . . . 20	— Heinrich . . . 66	— Karl . . . 31
— Karl Ernst . . . 48	— Otto . . . 44	— Hermann . . . 48	Möllerfeld, Aug. . . 13
			Mölter, Hugo . . . 60

Namenverzeichnis

Seite	Seite	Seite	Seite
Mönckmeier, Renate . . . 27	Müller, Heinz . . . 44	Nanz, Emil . . . 60	Nieß, Eduard . . . 60
Mörike, Heinrich . . . 60	— Heinz . . . 60	Napiwotzky, Fritz . . . 60	— Günter . . . 13
Moerer, K. . . . 20	— Herbert . . . 60	Napp, Carl . . . 31	Niethammer, Emil . . . 60
Mössinger, R. . . . 34	— Herbert F. . . . 34	Nasse, von, Hans, . . . 36	— Helmut . . . 60
Mohr, Albert 49	— Hugo 36	Joachim 36	Nikenich, Josef . . . 7
— Hans-Jürgen . . . 38	— J. u. W., G.m.b.H. 68	Nath, Alfred . . . 20	Nikolaus, Albert . . . 34
— Karl 1	— Josef A. . . . 49	Nebelung, Rudolf . . . 49	Nilfisk G.m.b.H. . . . 29
— Walter 49	— K. . . . 20	Nechleba, Franz . . . 54	Nimmrichter, . . . 60
Mohrenstecher, Erwin 41	— Karl 23	Neckenbürger, E. . . 41	Walthèr 60
Molle, Wilh. . . . 27	— Karl Herbert . . . 20	Negle, Alois . . . 27	Nimsch, Günther . . . 6
Molling, Heinz . . . 4	— Konrad 49	— Franz 27	Ninnemann, Fritz . . . 13
Molter, Philipp . . . 27	— Kurt 60	Nehlsen, Gerhard . . . 7	Nippert, Herbert . . . 49
Momberg, Werner . . . 66	— Leonhard 52	Neisius, Anton . . . 13	Nitschke, Heinr. . . . 13
Mommsen, Walter . . . 36	— Maximilian . . . 44	Neiß, Anton . . . 13	Nobiling, E. . . . 34
Moninger, Brauerei . . 35	— Math. . . . 41	— Oskar 27	Nocker, W. . . . 20
Monkhorst, Erich . . . 20	— Otto 27	Nejedlik, J. . . . 20	Nöding, August . . . 36
Monn, Hanns Hugo . . 49	— Otto Friedr. . . . 27	Nelken, Werner . . . 13	Nöhring, Walter . . . 13
Montag, Ludgerd . . . 3	— P. . . . 20	Nelsbach, Wilhelm . . 36	Nöldecke, W. . . . 31
Montanus, H. . . . 20	— Peter 54	Nentwig, W. . . . 34	Nöldge, Helmut . . . 27
Monz, Hermann . . . 41	— Reinhard 54	— Werner 44	Nölke, Otto-Erich . . 13
Morätz, Werner . . . 3	— Richard 66	Nestel, Werner . . . 27	Nötzold, Karl . . . 60
Morich, Hermann . . . 54	— Robert 60	Netzger, Albert . . . 49	Nolte, F. . . . 20
Moritz, Gerhard . . . 49	— Siegfried 13	Netze, Erich . . . 36	— Friedrich 36
— Walter 13	— Theo, sen. . . . 36	Netzsch, Fritz . . . 54	— Ludwig 36
Morschel, Fritz . . . 54	— Theodor 34	Neubronner, D. . . . 44	Nolzen, Artur . . . 66
Moser, Alex 27	— Walter 27	Neuburger, Gustav . . 54	— Hermann 66
Moslener, Erwin . . . 27	— Walter 54	Neuenhofer, Ad.- . . 52	Nonnenmacher, . . . 60
Motz, Konrad 60	— Werner, jun. . . . 36	Josef 52	Walter 60
— Wilhelm 38	— Wilhelm 7	— Karl 44	Norddeutsche . . . 29
Moulijn, Eco 60	— Wilh. . . . 41	Neugebauer, . . . 54	Affinerie 29
Moxter, Hans 20	— Wilhelm 44	Hermann 54	— Apparate-Bau- . . . 39
Mraczek, Bruno . . . 44	— Willy 13	Neuhäusler, Josef . . 49	anstalt 39
Mruszkó, Hans . . . 54	— Wolfgang 27	Neuhäus, Robert . . . 41	— Seekabelwerke . . . 56
Muck, Alwin 49	— -Guntum, Ulrich . . 27	Neuhöfer, Heinz . . . 13	A.-G. . . . 56
Muckenhaupt, Paul . . 66	— -Hanpft, Hans . . . 1	Neumann, Franz . . . 3	Nordheim, von, . . . 54
Mühle, Heinz 49	— -Kraenner, Wilh. . 44	— Hans 27	Alfred 54
Mühleck, Alois . . . 54	Mühlich, Ferdinand . . 44	— Helmuth 13	— Simon 13
Mühlens, Willi . . . 13	Müllner, Friedrich . . 44	— Karl 7	Nordwestdeutscher . . 29
Mühlfeld, Alexander . . 4	Mümpfer, Albert . . . 60	— Paul 13	Rundfunk NWDR, . . 29
Mühlinghaus, Alex . . 66	Münch, Adolf 60	— Uwe 27	Hamburg 42
Mühr, Fritz 38	— Otto 20	— Walter 13	— Köln 42
Mülleians, Bernhard . . 1	Münkel, Ernst 27	Neumärker, Ernst . . 68	Notmer, Heinrich . . . 6
Müller, Dir. in Fa. . . 52	Münten, Franz 7	Neureuther, Karl . . . 23	Nowack, Hermann . . . 49
Wirth 52	Muesfeldt, Karl . . . 38	New-York, Gummi- . . 29	Nowag, Wilhelm . . . 44
— A. Otto 54	Müssel, Kurt 54	WerkeCompagnie . . 29	Nowak, Waldemar . . 66
— Alfons 60	Müssli, Emil 44	Nibler, Hch. . . . 49	Nowotny, Robert . . . 23
— Alfred 60	Müthel, Richard . . . 27	Nickel, Eugen 1	Noy, Jack 7
— Alois 36	Müthlein, Erwin . . . 7	— Max 1	Nürnberger Schrau- . . 6
— Anton 44	Mumme, Heinrich . . . 27	Niebüll, Gemeinde- . . 39	benfabrik N.S.F. . . 6
— Arthur 13	Mundorf, W. . . . 20	verwaltung 39	u. Elektrowerk . . . 56
— Arthur 34	Munke, Carl 31	Nieder, Hubert . . . 13	G.m.b.H. . . . 56
— Arthur 66	Muscheid, Hans- . . . 13	Niederbockstruck, . . 6	Nube, Wilhelm . . . 13
— A.-G., C. H. F. . . 29	Joachim 13	Paul 6	Nündel, Ulrich . . . 54
— Carl 27	Muschweck, Max . . . 54	Niederfahenhorst, . . 13	Nußbaum, Barth. . . 7
— Eduard 54	Musie, Alfred 13	Friedr. . . . 13	Nußkern, Karl . . . 27
— Erich 13	Mussaens, Paul- . . . 13	Niedermann, Otto . . 60	Nutsch, Bernhard . . . 1
— Ernst 44	Friedr. . . . 13	Niederschmidt, Kurt . 36	
— Felix 54	Muthig, Januarius . . 52	Niederschulte, Paul . 13	
— Ferdinand 20		Niedner, Bernhard . . 27	
— Franz 13	Naaf, H. Willy . . . 13	Niehege, Günther . . 13	
— Franz 41	Nachtrodt, Wilhelm . 68	Niehammer, Man- . . 60	
— Friedr. . . . 27	Nägele, E. . . . 34	fred 60	
— Fritz 20	— Georg 54	Niehaus, Albert . . . 31	
— Fritz 64	Naeher, Reinhard . . 27	— Gerd 4	
— Fritz 68	Nähmaschinenfabrik . . 35	Niemann, Ernst . . . 6	
— G. . . . 20	Karlsruhe A.-G. . . 35	— Josef 13	
— Georg 54	vorm.Haid & Neu . . 35	— Paul 41	
— Gerhard 3	Näpflein, Rudolf . . 49	Niemeyer, Heinz . . . 27	
— Gerhard 27	Nagel, Fritz 44	Nientimp, Ferd. . . . 7	
— Hans 27	— Georg 60	Niepman, Carl . . . 66	
— Hans 60	— J. . . . 20	Niermauntel, Wilh. . 27	
— Harald 13	— W. . . . 34	Niese, Kurt 27	
— Harald 49	— Walter 6	Niesing, Hans . . . 27	
— Heinrich 20	— Walter 27	— Hugo 38	
— Heinz 6	Nahm, Franz 44		
— Heinz 13			

Seite		Seite		Seite		Seite	
Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern	51	Otto, Ernst	27	Peters, Johann	27	Pirsch, Karl	13
Oberstenfeld, Fritz	27	— H.	20	— Kurt	13	Pirsing, Willi	49
Oberüchtnr, Paul	49	— von, Harald	38	— W.	38	Pischel, F. W.	20
Oberzig, Bernhard	61	— Hellmuth	49	Petersen, Emil	27	Piskalla, Paul	49
Oehlen, Paul	41	— & Söhne, Hein- rich	63	— Fr.	27	Pitt, Joachim	61
Oehler, Hans		Otzen, Peter	13	— Wilh.	54	Pitthoff, Andreas	20
Werner	31	Overbeck, Willy	13	Petri, August	49	Pitzer, Otto	20
Oehlwin, Otto	44	Overmann, H.	36	— Gustav	66	Plahr, Willy	8
Oeljeschlager, Hans	27	Oxley, George C.	31	— Helmuth	49	Plafmann, Peter	36
Oelkers, Adolf	61			Petrus, Walter	8	Plate, Helm.	3
— Adolf	66			Petry, Rudolf	20	Platte, Emil	20
Oeding, Rudolf	27	Paarwald, Ewald	27	Petsch, Karl- Wilhelm	13	— Fr.	44
Oeser, Willy	54	Paasch, Wolfgang	6	Pettenpohl, Kurt	20	— Hermann	23
Oetjen, Friedrich	27	Palm, A.	20	Petzel, Hermann	66	Platthaus, Heinrich	66
Offerhaus, Albert	44	— Erwin	49	Peuster, Karl	41	Plattner, Hermann	49
Ohl, Hans	1	— Herbert	6	Pfab, Albert	38	Plenz, Dr.-Ing.	2
Ohlendorf, Otto	31	Pannhausen, Helmut	8	Pfäffle, Robert	61	Plettner, Bernhard	54
Ohlhoff, Albert	44	Panzer, Otto	20	Pfaler, von Carl Erik	49	Pleyer, Karl Gg.	54
Ohliger, Karl	31	Pape, Fritz	34	Pfannenberger, Otto	27	Plietsch, Ernst	13
Ohlsen, Otto	27	— Hermann	2	Pfau, Karl-Günter	41	Plinke, Erwin	32
Ohm, Willi	38	— Paul	13	Pfeifer, Adolf	38	Plönn, Hans	44
Ohm-Polytechnikum	56	Papenfuß, Hugo	13	— Erich	38	Ploke, Walter	13
Ohms, Rich.	4	Papierfabrik Scheufelen	63	Pfeiffer, Ernst	44	Podhaisky, Otto	56
Ohrendorff, Erich	52	Paproth, Heinz	36	Pfeil, Friedrich	61	Poege, Ernst	27
Oldenburg, Ludwig	64	Paradiak, Rudolf	27	Pfeffer, Theodor	68	Pöhler, Karl-Heinz	66
Oligmüller, Heinrich	61	Paret, Gerhard	20	Pfende, Egon	8	— Max	20
Ondal, G.m.b.H.	22	Parow, Günter	54	Pfingsten, W.	32	Pöllitz, Georg	3
Onken, Walter	27	Parrhysius, W.	27	Pfister, Willy	61	Pöllot, Otto Erich	61
Onnecken, O.	20	Parschalk, Fritz	44	Pfisterer, Hans	44	Pöttgen, Reiner	41
Opel, Gottfried	23	Pasche, Erich	66	— Karl	63	Pogrzeba, Claus	49
Opelt, Friedrich	61	Paschvoß, Fritz	13	Pfütznr, Albert	27	Pohl, Karl	32
Opitz, G.	34	Paßlack, Karl- Werner	54	Pfleiderer, Friedrich	49	Pohle, Günter	34
Oppen, R.	20	Paßmann, Bernh.	13	— Hermann	61	— Joachim	41
Orgel, Werner	38	Patzer, Karl	13	Pflüger, Ludwig	61	— Karl-Heinz	13
Orlop, H.	31	Paul, Alfred	61	Pflugmann, Fritz	54	Pohlmann, Heinrich	13
Orschel, Hans	13	— Georg	61	Pflugstaedt, Carl	8	— Josef	66
Orth, A.	44	— Richard	13	Pförtner, Theodor	36	— K.	41
— H.	7	Pauli, H.	20	Pfundstein, A.	44	— Max	54
— Paul	54	Paulini, Karl	20	Philipp, Alois	3	Pokorny, W.	34
Orthuber, Otto	52	Paulmann, Hans	27	— Heinrich	27	Polchau, Fritz	13
Ortlieb, Alfred	61	Paulsen, Hermann	27	— Ing.	20	Pollak, Leo	20
Osnabrücker Kupfer- und Drahtwerke	3	Paulus, Clemens	49	— Walter	66	Polligkeit, Rud.	61
Osram	63	Pauly, Peter	13	Philippeit, Hermann	27	Pollmann, Franz	49
Ossanna, Hans	54	— Wolfgang	49	Philips Valvo-Werke G.m.b.H.	29	— Fritz	49
— Johann	49	Peck, Ludwig	32	Pichert, Ernst	23	Pollmeier, Helmut	13
Ostendorf, W.	44	Pees, Norbert	41	Pieper, Felix	20	Polte, Osk.	4
Osterloh, Hermann	13	Pein	20	— Franz	13	Pommer, Adolf	66
Ostermann, Heinrich	13	Pellenz, Ludwig	13	Pier, Hans	3	Ponaier, Gottlob	54
— Herbert	36	Pelzer, Carl	13	Pieruschka, Bern- hard	13	Ponoschin, Igor	13
— Willy	27	Pennekamp, Theodor	13	Pietsch, Walter	38	Popp, Arthur	66
Osterspey, Kurt	41	Penzkofer, Benno	49	— Werner	49	Poppe, Heinrich	13
Ostertag, Fr. Gg.	20	Peres, Fritz	13	Pietzsch, Heinz	8	— Julius	27
— Konrad	61	Perkhammer, Josef	54	Pilgram, Jakob	2	Popper, Werner	61
Osterwald, Karl	61	Perlik	32	Pillack, Herbert	49	Poschen, K. P.	8
Ostmann, Gerhard	20	Permantier, Josef	2	Piloty, Hans	49	Post- und fern- meldetechn. Zen- tralamt des Ver- einigten Wirt- schaftsgebietes	51
Oswald, Karl	54	Perrey, Herbert	38	Pilstel, Fritz	61	Potthoff, Karl	61
— Theod.	41	Peschel, Hermann	66	Pilz, Herbert	49	Powik, Werner	66
Ott, Hermann	13	Peschke, Kurt	32	Pingel, Johs.	27	Praschl, Otto	49
— Josef	49	Peter, Fritz	44	Pinkert, Friedr.	4	Präsident, Der, des Landesbezirkes Baden	35
Otte, Herbert	41	— Ferdinand	34	Pinl, Franz	49	Präsidialbüro der Postdirektion Stuttgart	63
— Konrad	38	Petereins, Fritz	54	— H.	20	Prätor, Ludwig	13
Otten, Friedrich	54	Petermann, Walter	49	Pinnau, Rudolf	27	Prasse, Walter	13
— Heribert	41	Peters, Albert	49	Pintsch-Elektro- G.m.b.H.	24	Praßler, Hans	34
Otter, H.	20	— Carl-Hermann	27	Piper, Wilhelm	3		
Otto, Alfred	13	— Emil	66	Pinkenburg, Wilhelm	61		
— Erich	7	— Fritz	13	Pippke, Willi	8		
		— Georg	52	Pirchl, Edgar	27		
		— Henry	27				

Seite	Seite	Seite	Seite
Prechter, Heinrich . 13	Raffelt, Josef . 28	Reinhart, Georg . 49	Riedel, Paul . . . 14
Preding, Karl . . . 20	Raffenberg, Gustav . 68	Reinhold, Wulff . . . 28	— Peter 41
Prehn, Fritz . . . 13	Rahäuser, Friedr. . 61	Detlev 28	— Richard 49
Preis, Hermann . . 13	Rahe, Harry . . . 28	Reinicke, Wilhelm . 38	Riedl, Karl 54
Preisendanz, Eugen . 61	Rahmann, Hans . . 44	Reinlein, K. . . . 20	Riedler, Kurt . . . 36
Preisung, Paul . . 66	Rainer, Klaus . . . 49	Reinmuth, E. . . . 52	Riegel, Heinrich . 55
Presser, Eugen . . 32	Rall, Maria . . . 61	Reis, A. 34	Rieger, Erich . . . 44
— Karl 41	— Otto 61	Reisberg, Gerhard . 61	— Heinz 4
Preßlmaier, Rudolf . 27	Ramert, Friedrich . 38	Reisdörfer, Eugen . 66	Riehm, Jakob . . . 41
Preßmar, Albert . . 61	Ramin, Johann . . 49	Rejser, Roman . . . 49	Rieker, Karl 61
Preuschen, von, C. . 20	Ramm, Hans . . . 4	Reisewitz, 36	Rienacker, Waldemar 14
Preuschoff, Georg . 38	Randl, Josef . . . 49	Hans Joachim . . . 36	Riepe, Ewald . . . 66
Preuß, Rudolf . . . 36	Rapcke, Rudolf . . 28	Reiske, Hans . . . 54	Riepka, Helmuth . 41
— W. 38	Rapp, Alfons . . . 61	Reismann, Heinrich 14	Ries, H. 34
Preußler, Hermann . 44	— E. 34	Reisner, Heinrich . 14	— Hugo 14
Prähn, Hubert . . . 61	Rappold, A. . . . 20	Reiß, Hugo 34	Rieth-Hoerst, H. . 34
Prinz, Bruno . . . 32	— Johann 49	Reithmayer, Oskar . 49	Rietsch, Eberhard . 8
— Hans 49	Ranke, Fritz . . . 44	Reitze, W. 34	Rietz, Klaus . . . 66
Prinzbach, Franz . 23	Rasch, Erich . . . 4	Remde, Friedr. . . 8	Rihlein, Fritz . . . 61
Prinzhorn, Karl . . 20	Raske, W. 32	Remmler, Markus . 61	Rihm, Leonhard . . 44
Pritsch, Rudolf . . 8	Rath, Willi . . . 61	Rempel, Hans-Joch. 14	Rimmele, Ferdinand 28
Probst, Erwin . . . 36	Rathsmann, Georg . 14	— Kurt 66	Rimmelin, Rudolf . 61
Pröhl, Karlheinz . . 49	Rauch, August . . 49	— Walter 20	Rindfleisch, Hans . 28
Proestler, Rudolf . 44	Raupach, Friedrich . 54	Rengler, Heinrich . 66	Ringel, Harry . . . 14
Prümm, Josef . . . 2	Rauschenbach, . . 36	Renken, Fritz . . . 56	Ringpsfeil, Werner . 66
Prüß, Johann . . . 27	Arthur 36	Renker, Johannes . 14	Rinne, R. 44
Prüter, Fritz . . . 28	Rayhrer, Gerhart . 61	Rennert, Wilhelm . 36	Rinnert, Helmut . . 8
Puchner, Norbert . . 49	Raymund, Helmut . 14	Rennwagen, W. . . 20	Ritter, Emil . . . 44
Pülicher, August . . 41	Rebbelmund, Georg . 8	Rentmeister, Josef . 14	— Hans 41
Puell, Friedrich . . 28	Rebber, Wilhelm . . 28	— Walter 14	— & Co. G.m.b.H. . 37
Pütz, Franz 66	Rebhan, Josef . . . 54	Renz, Alfred . . . 14	Ritz, Friedrich . . 14
— Hubert 61	— Wilh. 61	Renzelberg, Hermann 14	— Hans 28
— Peter 2	Rebske, W. 34	Reppekus, Fritz . . 14	Roche de, Oskar . . 20
Pulides, Perikles . . 28	Redecker, Werner . 32	Rese, Hans 8	Rockenbach, Ferd. . 52
Puls, Friedel . . . 28	Redelberger, . . . 14	Restle, Chr. . . . 34	— Hans 52
Pungs, Leo 4	Wilhelm 14	— R. 44	Rodde, Adolf . . . 20
Purmann, Friedrich . 8	Reese, Erich . . . 32	Rethleyer, Ludwig . 3	Rode, G. 66
Püttmann, Wilhelm . 22	Rega-Brucker . . . 42	Reuß, Adolf 61	— Otto 28
Putz, Reinhold . . . 49	& Kreuser A.-G. . 42	— Kurt 61	— Werner 3
Putzki, Herbert . . 66	Reh, Ludwig . . . 28	— W. 32	Roderburg, Clemens 14
Pyroth, F. 20	Rehberger, Friedr. . 61	Reuschenbach, Georg 41	Rodewaldt, Heinrich 28
	Rehm, Emil . . . 36	Reuße, Hermann . . 36	Rodewald, Werner . 44
	Reibe, Hermann . . 14	Reuter, Alois . . . 20	Roecken, Bernd . . 49
Quade, Willi 13	Reich, Arno . . . 14	— Josef 41	Röcker, Wilh. . . . 61
Quaiser, Ernst . . . 44	Reichard, Bernhard 14	Rex, Fr. 34	Rödel, Hansgeorg . 36
Quandt, Ernst-G. . . 8	Reiche, Heinr. . . 4	Rhein, Franz . . . 41	Röder, Fritz . . . 14
Quante, Hermann . . 66	— Willi 41	Rhein, Draht- und . 42	Roediger, G. . . . 20
— Wilh. 66	Reichel, Paul . . . 28	Kabelwerke . . . 42	Röhl, Rolf 28
Quantz, Otto 3	— Rudolf 49	Rhein. Elektro-Ma- . 52	Röhling, Julius . . 20
Quanz, Georg . . . 13	Reichelt, Eitel . . 23	schinenfabrik . . 52	Röhlk, Karl 38
Quarzlampen- . . . 22	Reichert, Heinz . . 28	Richartz, W. . . . 32	Röhm, Ernst 61
Gesellschaft 22	Reichle, August . . 61	Richter, Bernd . . 44	Röhr, W. 34
Quastenberg, Alfred 66	Reichow, Werner . 66	— Erich 49	Röhrig, Josef . . . 2
Quel, Hans 66	Reichsbahndirektion . 66	— Ernst-Heinrich . 28	— Josef 14
Quenstedt, E. . . . 20	Pressestelle Wup- . 68	— Gustav 66	Roelig, Hermann . . 66
Quincke, Erich . . . 23	pertal-Elberfeld . 68	— Hans Joachim . . 49	Rölle-Emden, Fritz 14
Quintus, Peter N. . 44	Reichsunfallversiche- . 5	— Heinz 36	— Gustav, K.-G. . . 16
Quitmann, Walter . 28	rung 5	— Heinz 54	Roellinghof, Paul . 4
	Reimer, Carl . . . 54	— Herbert 49	Römer, Hans . . . 66
	— Willi 41	— Joachim 54	— Heinrich 49
Raab, Paul 54	Reinach, Ludwig . 66	— Kurt 38	Römhild, Edgar . . 55
Raabe, Franz 38	Reinartz, Peter . . 2	— Oswald 61	Rönnau, A. 32
— Hein 14	Reinarz, Karl . . . 61	— Ph. 20	Röntgen, C. Otto . 41
Rabe, Heinz 41	Reinbeck, Hans . . 61	— Rudolf 34	— Eugen 66
Rabus, Willy 49	Reinfeld, Kurt . . 14	— Rudolf 49	Rösch, Ernst . . . 55
Rachinger, Fritz . . 49	Reinfeldt, Herbert . 7	— Walter 66	— Helmut 52
Rackl, Anton 49	Reinhard, Herbert . 14	Rick, R. 34	— Hansjörg 34
Rademacher, Ernst . 68	Reinhardt, Fritz . 4	Rid, Heribert . . . 49	— Hugo 41
— Fritz 14	— Gustav 14	Rieck, Otto 28	Röse, Otto 28
Räbel, Ludwig . . . 54	— W. 34	Rieckert, Wolfram . 44	Rösel, Josef . . . 55
Raeder, Karl 14	— Wolfgang . . . 20	Riedel, Gerd 66	Rösen, Wilhelm . . 66

Seite	Seite	Seite	Seite
Rösner, E. 20	Rüppel, Walter . . . 36	Schäfer, Ernst . . . 20	Schetelig, Hans . . . 28
Rößler, Werner . . . 49	Rüsch, Bernhard . . 28	— Hans 61	Scheufelen, Papier-
Roetger, Fritz . . . 66	Rüter, Karl 14	— H. 20	fabrik 63
Röth, Otto 66	Rütgers, Ernst . . . 8	— Hm. 20	Scheufen, Jakob . . . 52
Röthlingshöfer, Otto 55	Rütten, Oskar . . . 61	Schaefer, Josef . . . 45	Scheuing, Konrad . . . 61
Röver, Wilhelm . . . 38	Rütters, Josef . . . 2	Schäfer, Karl 5	Scheure, v., Egwin . . 28
Roggendorf, Alex . . 20	Ruhl, Kurt 2	— Kurt 8	Scheurer, Albert . . . 8
Rohan, Hans 28	Ruhmann, Hermann . 34	— Kurt 14	Scheuß, Erich 52
Rohde, Curt 28	Ruhnke, R. 32	— L. 20	Scheven, Otto 32
— Heinz 66	Ruhrmann, Alfred . . 14	— Richard 61	Schiefer, Karl 52
Rohr, Werner 14	Rullmann, Richard . . 8	— Wilhelm 55	Schiemann, Erich . . . 45
Rohrbeck, Wilhelm . . 38	Rump, Eduard 23	— Wilhelm 61	— H. G. 45
Roland, Heinrich . . 49	Rumpff, Hans 41	— & Preller 45	Schierz, Georg 28
Roleder, Karl 49	Rundfunk-Techn. . . . 56	Schaeffer, Fritz . . . 6	Schifferdecker, Fritz . 45
Rolland, Robert . . . 2	Institut 56	Schäffer, Hans 5	Schiffhauer, Hans-
Rolli, Wendel 61	Runge, Hans 36	Schaeffer, Willi . . . 8	Karl 8
Rollwagen, Hans . . . 52	— Willy 14	Schäffler, Xaver . . . 49	Schiffmann, Alois . . . 49
Rompf, Otto 28	Rupfer, Georg 49	Schäfflein, Alfons . . 20	Schild, Wilhelm 56
Rona, Emil 49	Ruppel, Karl 20	Schäper, Hans-	Schilder, Franz 8
Rongen, Hans 14	Rusche, Heinrich . . 14	Werner 14	Schildheuer, Wilh. . . 14
Roschen, Hans 64	Rust, Georg 67	Schäpperle, Oskar . . 61	Schill, Richard 61
Roscher, Hans 28	Ruß, Richard 49	Schäufele, Helmut . . 61	Schiller, Paul 32
Rose, Adolf 4	Ruthenbeck, Otto . . 67	Schaffer Ernst 49	Schilling, Franz 61
— Konrad 66	Ruthert, Heinrich . . 14	Schafitzl, Karl 49	— Karl 45
Rosenbauer, Josef . . 66	Rutschmann, Edwin . 3	Schaible, F. 20	— Oskar 61
Rosenberg, Erich . . 49	Ryvers, Heinrich . . 52	Schalke, Herbert . . . 32	Schillings, Gerd 49
Rosenkranz, Willi . . 8	Rzepka, R. 44	Schalttafelbau	Schimpf, Rudolf 28
Rosoldeck, Walther . 61	Saacke, Hermann . . . 38	Rolf Büniger 68	Schindelin, Walter . . 50
Roser, Hermann . . . 14	Saba 24	Schanda, Franz 49	Schindler, Georg 50
Roßbach, Wilhelm . . 66	Sachs, Hans 44	Schanz, August 45	Schings, Peter 2
Roßberg, Hans 66	Sachs, Hans 44	Schanzenbach, G.,	Schirmer, Eugen 28
Roßkamp, Anton . . . 2	Sack, Franz 28	& Co. 22	— Eugen 55
Roßmaier, Viktor . . 49	Sacker, Wilhelm . . . 28	Schanzmann, Her-	— Georg 64
Roster, Hans 14	Sadtler, H. 20	mann 14	— Helmut 14
Roskothen, Wilhelm . 14	Saemann, Louis 6	Scharff, Helmut 45	— Kurt 55
Roskowski, Otto . . . 14	Sager, H. 38	Scharill, Rudolf . . . 14	Schirmanns, Willi . . . 14
Rossing, Franz 14	Salfeld, Ernst 4	Scharnberger,	Schirmacher, E. 32
Rotermund, H. 32	Salgzmann, W. 20	Theophil 32	Schiweck, Arno 20
Roth, Adolf 49	Samblowsky, Ernst . 67	Scharstein, Ernst . . 55	Schlabach, Heinr. . . . 8
— Ernst 61	Sander 32	Schattling, Paul . . . 23	Schlägel, Heinrich . . 55
— Georg 20	— Emil 28	Schatz, Oskar 2	Schlaffer, August . . . 50
— H 20	— Franz 67	Schau, Alfred 67	Schlag, Carl 67
— Hans 14	— Robert 36	Schaub, G. 35	Schlang, Franz 61
— Kurt 67	Sanders, Walter . . . 56	Schaudinn, Kurt . . . 55	Schlebusch, Ludwig . . 2
— O. 20	Sandner, Felix 49	Schebitz, Wolter . . . 3	Schlecht, Hans 14
— Udo 14	Sang, H. 32	Scheer, Georg 20	Schlechter, Emil . . . 61
— Wilhelm 14	— Hermann 20	Scheffer, Friedrich . . 2	— H. 20
— Willy 2	Saran, Hans 28	Scheffler, E. 32	Schleger, Georg 61
Rothenberg, Hans . . 55	Sardemann, F. 20	— Hans 14	Schlegel, Johannes . . 50
Rothermann, Arthur . 28	Sartorisio, Hansjörg . 28	Schefold, Wolf 34	Schlenk, Georg 61
Rothert, Hubert . . . 61	Saß, Adolf 49	Schefzik, Leo 49	Schlenker-Maier 63
Rothmund, H. 34	Sattler, Wilhelm . . . 44	Scheibner, Rudolf . . 36	Schleswig-Holstei-
Rottmann, Heinz . . . 44	Saubert, Karl 49	Scheid, A. 20	nische Landes-
Rowold, W. 32	Sauder, Carl 67	Schelenz, Josef 28	brandkasse 39
Roy, Adams 8	Sauer, Hans 49	Schell, Hans 67	Schlett, Werner 28
Rube, Günther 14	Sauerbeck, Ulrich . . 44	Schellenberg, Erich . 28	Schlette 64
Ruck, Peter 61	Sauerland, Heinrich . 14	Scheller, Hugo 36	Schlicht, Otto 61
Rucktäschel,	Sauermann, Karl . . . 5	Schellstede, Johann . 56	Schlieck, F. H. 67
Hermann 61	Saugeon, Leo 55	Schelm, Heinz 38	Schliemann, Her-
Rudel, W. 56	Saupe, Karl-Heinz . . 8	Schemann, Heinrich . 14	mann 28
Rudolph, Hans 49	Saur, Karl 41	Schemmann, Paul . . . 8	Schlieper, Reinh. . . . 67
— Kurt 8	Sauter, Karl 23	Schenk, Hans 28	Schliephake, Alf. . . . 20
— Wilh. 20	Sautter, Hermann . . 61	— Helmut 23	Schlierf, Emil 50
Rudorfer, Hermann . 38	Sattler, Ludwig . . . 44	Schenkel, A. 34	Schlifka, Rudi 3
Rüb, Walter 20	Schachtner, Heinrich . 45	— Hans-Dietrich . . . 14	Schloder, Otto 50
Rücker, Franz 49	— Willy 49	Schepping, Josef . . . 8	Schlosser, Heinrich . 50
Rückert, Heinrich . . 49	Schack, W. 20	Scherer, Friedrich . . 28	— Karl 20
Rüdt, Erwin 61	Schade, Hans 28	— Günther 20	Schlotmann, Wilh. . . . 55
Rüger, Georg, & Co. . 16	— Hans 34	— Hermann 34	Schlott, Hans 61
Rügner, Otto 61	— Otto 36	— Kurt 20	Schlottau, Rolf 28
Rühl, Manfred 55	Schädlich, Alfred . . 61	Schering, Harald . . . 32	Schlotterbeck, Karl . . 61
	Schaefer, C. A. . . . 33	Scherrieble, Adolf . . 61	
	Schäfer, Egon 67		

Seite	Seite	Seite	Seite
Schlottmann, Friedrich . . . 8	Schmitt, Max . . . 45	Schnitzer, Friedr.-Wilh. . . 3	Schroer, Johannes . 14
Schloz, Willi . . . 61	— Ottohans . . . 50	Schnitzler, Hans . 37	— Walter . . . 14
Schlüchter, Wilhelm . 61	— jun., Pankraz . . 50	Schobbe, Wilhelm . 14	Schroers, Hans . . 32
Schlüter, Helmut . . 38	— P. W. . . . 21	Schöberle, Fritz . . 26	Schröers, Karl . . 14
Schlump, Karl . . . 55	— Wilhelm . . . 14	Schöfer, Emil . . . 45	Schroers, Wilhelm . 14
Schmale, Helmut . . 67	— Willy . . . 23	Schöffel, Robert . . 50	Schröter, G. . . . 32
Schmalenströer, Wilh. . 14	— Wolfgang . . . 55	Schöler, Bruno . . . 67	— Gottfried . . . 14
Schmatjko, Boris . . 36	Schmitter, Wilh. . . 3	Schoeler, von, Franz 50	— Otto 14
Schmalzried, Erwin . 61	Schmitz, Albert . . 37	Schöller, Heribert . 14	— Willi 61
Schmalzriedt, Karl . 45	— H. 21	— Heinrich 14	Schrohe, Adam . . . 55
Schmeer, Karl . . . 38	— Karl 38	Schoeller & Co. . . 22	Schropp, Friedrich . 50
Schmeling, Günther. 14	— Ludwig 8	Schöllgen 21	— Karl 50
Schmelzle 20	— Ludwig 14	Schön, Erwin . . . 28	Schrupp, Fritz . . . 67
Schmerda, Helmut . . 38	— Otto 14	— Hans 21	Schubert, Michael . 61
Schmerler, Fr. . . . 34	— Otto 68	— Karl 14	— Wolfig. . . . 21
Schmiedel, Hans-Joachim . 55	— Theodor . . . 50	— Ludwig 14	Schuchardt, Rudolf . 14
— Karl 55	— Walter 67	Schönberg, Erdmann 55	Schuck 32
Schmieder 6	— Wilhelm . . . 14	Schönbrunn, Hans . 50	Schubbe, Carl . . . 67
Schmid, Fritz . . . 50	Schmitz-Apelt, Dr. . 68	Schöne, E. 6	Schüler, Hermann . 67
— Georg 61	Schmohl, Ernst . . 41	Schoeneck, Wilhelm 45	— Rolf 28
— Heinrich . . . 61	Schmoll, Karl . . . 45	Schöenstein, Fritz . 67	Schüren, ter, Wilh. 52
— Max 55	Schmucker, Josef . 50	— Günter 67	Schürer, Carl . . . 50
— Paul 61	Schmücker, Georg . 61	Schönfeld, W. H. . . 32	— Kurt 61
Schmidhuber, Paul . 50	Schmüser, Rudolf . 28	Schönhammer, Karl . 50	Schürmann, Gebr. . 68
Schmidt, Albert . . 14	Schneekloth, Jochim 45	Schönlau, Max . . . 67	Schüssler, Rudolf . 45
— Alfons 67	Schneeloch, Arnulf . 67	Schönmann, Ludwig 50	Schütt, Eugen Walter 28
— Alfred 20	Schneider, Alexander 50	Schönrock, Erich . 14	Schütte, H. 21
— Arno 8	— Alfred 3	Schörg, C. 21	— Karl 56
— August 21	— Carl-Erich . . 34	Schoess, Heinrich . 28	Schütz, Helmut . . . 41
— Bernhard . . . 41	— Emil 14	Scholl, V. 34	Schützeberg, Ludw. 45
— Ernst 67	— Emil 56	Scholler, Heinrich . 55	Schuhmacher, Rich. 61
— Erwin 3	— Emil Walter . . 61	Scholte, Otto . . . 67	Schuldei, Eugen . . 56
— Friedrich . . . 41	— Ernst 50	Scholten, Alfred . . 14	Schulenburg, Rich. 28
— Friedrich . . . 28	— Friedrich . . . 34	Scholz, Fr.-Wilh. . 34	Schuler, Ernst . . . 62
— Georg 67	— Fritz 67	— Norbert 32	— Hans 14
— Hans 8	— F. W. 22	— Robert 28	— Karlheinz . . . 55
— Hans 28	— Gerhard . . . 56	Schombardt, Walter 14	Schuller, Siegfried . 14
— Heinr. 67	— Hans 55	Schoof, F., sen. . . 21	Schulte 41
— Heinrich . . . 38	— Hans 45	Schoof, H. 21	— Eugen 14
— Heinz 21	— Hermann . . . 45	Schoppe, Helmut . . 5	— F. J., G.m.b.H. . 68
— Hermann . . . 14	— Heinr. 21	Schorch-Werke . . . 52	— Georg 8
— J. C. 8	— Heinrich . . . 34	Schoß, Herbert . . . 14	— Ufer, Josef . . . 68
— Karl 64	— Gebr. J. & C. . 16	Schott Elektro-Wärme K.-G. . 33	Schultebrucks, Friedrich . 14
— Kurt 14	— Josef 28	— Werner 37	Schulte-Kulkmann, Herbert . . . 14
— Kurt 61	— K. 21	Schrader, Herbert . 14	Schultheiß, Ernst . 55
— Ludwig 14	— Karl-Heinz . . 56	— Paul 50	— Ernst 62
— Martin 14	— Karl Heinz . . 68	— Richard 14	Schultrich, Kurt . . 50
— Max 67	— Ludwig 61	Schraeder, Friedrich 45	Schultz, Arnold . . 37
— Ottobald . . . 56	— Oskar 61	Schramke, Max . . . 28	— H. E. 45
— Paul 67	— Otto 56	Schrank, Erwin . . 52	— Otto 14
— Richard 8	— P. 21	Schreiber, Franz . . 41	— B. 21
— Rolf 55	— Peter 41	— Walter 41	— Emil 28
— Rudolf 61	— Phil. 41	Schreiner, Wolfig. . 61	— Günther 28
— Walter 61	— R. 21	Schrems, Herbert . . 55	— Hans 38
— Walter 55	— Robert, K.-G. . 22	Schrodt, Nelly . . . 21	— Hasso 64
— Walter Hubert . 34	— Rolf 61	Schroebl, Werner . 55	— Kurt 21
— Wilh. 67	— Theodor . . . 23	Schröder, Apparate K.-G. 63	— Martin 28
— William 38	— Waldemar . . . 38	— Arthur 3	— Martin 39
— Willy 45	— Walter 3	— Gerhard 41	— R. 21
— Willy 61	— Walter 23	Schroeder, Otto . . 50	— Reinhard 62
Schmidt-Balve, Alfred . 67	— Wilhelm 50	— Richard 2	— Richard 2
Schmidthammer, Adolf . 55	— Willy 61	Schröder, Rudolf . . 6	— W. 21
Schmitt, Bernhard . 50	— & Co., Dr.-Ing. . 22	— Rudolf 28	— W. 38
— Fr. 21	Schnell, E. 21	— Rudolf 32	— Werner 37
— Ignatz 14	— Richard 50	— Ulrich 38	— Baldes, Friedr. . 38
— Karl 36	— W. 21	— Wilhelm 64	Schulze, Arthur . . 14
	Schnepf, Otto . . . 14	Schröer, Heinrich . 14	— Hans 37
	Schniewindt, C. . . 16	Schröppel, Wilhelm 14	— Heinrich 23
	Schnitzler, Albrecht 61	Schröpfer, Rudolf . 28	— Rudolf 64
			— Werner 14

Seite	Seite	Seite	Seite
Schulze-Schwane- bruegge, Otto . . . 55	Segschneider, Adolf . . . 41	Siemens & Halske A.-G., Bremen . . . 6	Spaeth, Robert . . . 34
Schulzen, Hans . . . 2	Seher, Karl . . . 21	— T. B. Essen . . . 16	Spahr, Paul . . . 62
Schumacher . . . 14	Seibert, Richard . . . 15	— T. B. Frank- furt a. M. . . . 22	Spaich, Karl . . . 62
— Erwin . . . 28	Seiberth, Hans . . . 45	— T. B. Hannover . . . 33	Spallek, Werner . . . 15
— Franz . . . 8	Seibold, Thomas . . . 52	— T. B. Karlsruhe . . . 35	Spalteholz, A. . . . 32
— Rudolf . . . 62	Seibt, Heinz . . . 41	— T. B. Kassel . . . 37	Spangenberg, Alfred . . . 41
— Walt. . . . 5	Seida, von, A. . . . 52	— Z. N. Mannheim . . . 45	Sparbier, Werner . . . 28
Schumann, Hans . . . 56	Seidel, F. . . . 21	— München . . . 51	Sparkuhle, Hans . . . 55
— Winfried . . . 50	— Hermann . . . 37	— T. B. Stuttgart . . . 63	Spatz, Fritz . . . 8
Schunack, Erich . . . 55	— Wilh. . . . 55		— Paul 8
Schunk, Wilhelm . . . 37	Seidler 32		Specht, Elektrizitäts- gesellschaft . . . 68
— Willy . . . 62	— Helmut . . . 15	Siemens-Reiniger- Werke A.-G. . . . 56	— Otto 15
Schuster, Ernst . . . 37	Seifert, Gerd . . . 67	Siemens-Schuckert- Werke, Aachen . . . 2	— Wilh. . . . 67
— Fritz . . . 14	— Heinz . . . 15	— Bremen 6	Speer, Heinz . . . 21
— Wolfg. . . . 62	— Richard . . . 28	— T. B. Düssel- dorf 8	Speidel, Alfred . . . 21
Schwaab, Hans . . . 45	Seiffe, Friedheim . . . 41	— Essen 16	Speiser, Anton . . . 50
Schwab, Erich . . . 45	Seiffert, Erich . . . 28	— Frankfurt a. M. . . . 22	Speldrich, F. . . . 32
— Theodor . . . 45	— Erich . . . 67	— Hamburg . . . 29	Spence, Alfons . . . 45
Schwaiger, Max . . . 55	— Richard . . . 50	— T. B. Hannover . . . 33	Spennemann, Ludwig . . . 15
Schwald, Hans . . . 50	Seiler, Alb. . . . 5	— T. B. Karlsruhe . . . 35	Sperling, Adalbert . . . 55
Schwamborn, Willi . . . 52	— Robert . . . 34	— T. B. Kassel . . . 37	— Otto 5
Schwappach, Heinr. . . 14	Seilmeier, Hans . . . 50	— T. B. Kiel . . . 39	— Wolfg. . . . 5
Schwarmann, Harald . . . 6	Seitz, Helmuth . . . 28	— Kleinbauwerk . . . 51	Spieler, Franz . . . 34
Schwartau, Joachim . . . 28	Seiz, Walter . . . 50	— Z. N. Mannheim . . . 45	Spielmann, A. . . . 67
Schwarting, Johann . . . 64	Sejkora, Julian . . . 37	— Nürnberger Werk . . . 56	Spielmanns, Gottfr. . . 2
Schwarz, Hans . . . 8	Selbeck, Alois . . . 50	— T. B. Stuttgart . . . 63	Spies, Wihl. . . . 67
— Hans . . . 14	Selk, Otto . . . 32	— Transformatoren- werk 56	Spiesecke, H. . . . 21
— Hans . . . 21	Sell, Friedrich . . . 28		Spieß, Erich . . . 50
— Karl . . . 3	Selle, Fritz . . . 32	Siemer, Hermann . . . 15	— Eugen 62
— Karl . . . 21	Sempt-Elektrizitäts- Werke, Josefina Auer 51	— Wilhelm . . . 45	Spikermann, K. . . . 32
— Kurt . . . 21	Senft, Georg . . . 55	Siemers, Karl . . . 15	Spiller, K. H. . . . 67
— P. . . . 45	Senger, Georg . . . 50	Sieper, Hermann . . . 67	Spindler & Deißler . . . 68
— Walter . . . 34	Sengewitz, Lothar . . . 38	Sievers, Heinrich . . . 37	Spitta, Albert . . . 55
— Werner . . . 28	Senkfeil, Ernst- August 15	Sigmund, Alois . . . 50	Spitz, Georg . . . 15
— Haaf, Otto . . . 34	Sennheiser, F. . . . 32	Sillmann, Rolf . . . 67	— Karl 15
Schwarzendahl, Karl . . . 41	Serst, Wilh. . . . 2	Simon, Hans . . . 38	Spitzbart, Richard . . . 62
Schwedes, Ernst . . . 21	Serg, Erwin . . . 21	— Hermann . . . 8	Spöhrer, Walter . . . 34
Schwedler, Heinz . . . 28	Sessinghaus, Fritz . . . 15	— Wilh. . . . 21	Spott, R. H. . . . 34
— U. . . . 32	Setzwein, Andreas . . . 50	Sindel, Josef . . . 50	— Walter . . . 15
Schwedt, Heinz . . . 14	Seufert, Wilh. . . . 37	Singer, Helmut . . . 55	— Wilh. . . . 21
Schween, Wilh. . . . 37	Seulen, Gerh. . . . 67	Sinn, Richard . . . 21	Sprenger, Erich . . . 67
Schweickardt, Hans . . . 23	Seuser, Karl . . . 37	Sinner A.-G. . . . 35	Sprigel, Walter . . . 45
Schweiger, F. . . . 32	Seuthe, August . . . 68	Skjode, Iver . . . 5	Sprick, Herbert . . . 28
Schweizer, Hans . . . 62	Seybold, Karl . . . 62	Skudelny, E. . . . 32	Staab, Alfred . . . 21
— Karl . . . 23	— Karlhans . . . 62	Slootweg, A. M. R . . . 21	Staack, Hans . . . 28
Schwenk, O. . . . 21	Seyerle, Robert . . . 62	Smetacek, Emil . . . 50	Staal, von, Wolfram . . . 50
— Werner . . . 62	Seyler, Helmut . . . 28	Soehnle, Otto . . . 62	Staats, Waldemar . . . 23
Schwenkhagen, H. F. . . 67	Sichelschmidt, W. . . 34	Soemer, Josef . . . 3	Stabe, Heinrich . . . 21
Schweppe, Werner . . . 3	Sichling, Georg . . . 55	Sonneborn, Josef . . . 3	Stach, Hans . . . 2
Schweppenhäuser, Hans-Georg . . . 38	Sicherungen-Bau G.m.b.H. . . . 16	Söhngen, Wilh. . . . 8	Stade, Walter . . . 15
Schwettmann, Heinr. . . 3	Sick, Hermann . . . 21	Söns, Aloys . . . 15	Stadtlander, Fr. . . . 6
Schwier, W. . . . 32	Sieben, Bruno . . . 67	Sohler, Karl . . . 15	Städt. Gewerbe- schule Hamburg- Altona 29
Schwindt, Paul . . . 14	Siebeck, Alois . . . 8	Sollberger, Hans . . . 45	— Ingenieurschule Mannheim . . . 45
Schwing, Fr. . . . 21	Siebenlist, Franz . . . 50	Sollmann, Heinrich . . . 55	Stängl, Franz . . . 62
Schwinge, Hans . . . 6	Sieber, Hans . . . 37	Solondz, Fritz . . . 39	Stärk, Alfons . . . 50
Schwertlich, J. . . . 21	Siebert, Rolf . . . 15	Soltau, Brüne . . . 28	Stahl, Ernst . . . 37
Schwoch, Günther . . . 3	Siebert & Brock- haus 68	Sommer, Heinz . . . 15	— Willy 2
Schwöbel, Fritz . . . 45	Siefert, Werner . . . 21	— Kurt 67	Stahl- u. Röhren- werk Reisholz . . . 8
Seddig, Willy . . . 38	Sieg, von, Max-Chr. . . 34	Sommerfeld, Arthur . . . 37	Stamm, Emil . . . 15
Sedlazeck, Ernst . . . 64	Siegert, Hans . . . 6	— Erich 15	— Rudolf . . . 14
Seebach, Hugo . . . 2	— Karl 8	Sonderschefer, Max . . . 15	Standau, Kurt . . . 56
Seeburg, Eduard . . . 28	Sieke, Günter . . . 15	Sondick, Arthur, jun. . . . 41	Stange, Wilh. . . . 28
Seegmüller, F. . . . 21	Sielcken, Willy . . . 21	Sondick, Erich . . . 67	Stanjek, Helmut . . . 15
Seeliger, G. . . . 32	Sieling, Paul . . . 68	Soons, Josef . . . 67	Stapf, Hermann . . . 45
— Paul . . . 14	Siemens, Alfred . . . 55	Sorg, Erich . . . 50	— Jos. . . . 21
Seethaler, Karl . . . 55		Sorst, Ernst-Hein- rich 32	Starauscheck, Kurt . . . 50
Seetzen, Fritz . . . 64			
Seffers, K. . . . 32			

Seite	Seite	Seite	Seite
Starck, Leon 8	Stiehle, Hein-Georg 37	Stukenberg, Fritz 8	Teske, Walter 41
Stark, Aug. 21	Still, Hans, Motoren- Fabrik 29	Stump, Gerhard 28	Teubel, Gerhard 15
— Valentin 45	Stille, Georg 15	Stumpf, Friedrich 15	Teufel, E. 21
— Wilhelm 50	Stingl, Wilhelm 39	— Theo 45	Teves, Alfred 22
Stasny, Richard 62	Stock, Bernhard 32	Stumpp, Werner 39	Thabc, Max 15
Stassen, F. 21	— G. 21	Stupp, Theo 67	Thaden, Aribert 56
Staudemaier, Martin 62	Stockfisch, Georg 15	Sturm, Alfred 62	Thal, Karl Ludwig 15
Staudte, Hermann 62	Stockmayer, Herbert 62	Sturm, Carl-Heinz 45	Thalinger, Paul 50
Stechl, Math. 45	Stöckl, Melchior 55	— Hermann 62	Tharandt, Erich 3
Steck, Alois 50	Stöcker, Robert 67	— Gotfried 55	Theiler, Georg 62
— Hugo 15	Stöhr, Hans-Ulrich 32	Stute, Gottfr. 3	Theissinger, Ludwig 62
Steffen, Gustav 52	— Max 50	Stuttgarter	Theiß, Karl 67
— Hermann 28	— Walther 15	Straßenbahnen 63	Thelemann, Werner 8
— Paul 15	Stoerbeck, Walter 39	Suchanek, Fritz 21	Theuerkauf 32
— W. 32	Stößinger, S. 34	— Walter 37	Theurer, Gerhard 62
Steffens, Wilh. 39	Stoffel, Wilh. 67	Südd. Apparate- Fabrik 56	Thewalt, Adolf 62
Stegemann, Werner 28	Stoldt, Martin 39	— Isolatorenwerke 24	Thiel, A. 21
Stein, Eugen 8	Stoll, Erwin 62	— Kabelwerke 45	— Hans 67
— Fritz 67	Stoll, Rudolf 62	— Kalkstickstoff- werke 51	— Hans Gerhard 28
— Hermann 32	Stolpp, Helmuth 28	— Telefon-Appa- rate-, Kabel- und Drahtwerke 56	— Roman 5
— Joachim 62	— Helmut 62	Süßmann, Heinz 15	Thiele, A. 21
— Otto 5	Stolte, Erwin 14	— Jul. Aug. 33	Thielebart, Kurt 64
— Paul 34	Stolz, Willi 23	Süßner, Walter 37	Thielen, Heinz 2
— Richard 62	Stormanns, Albert 14	Suhr, Alfred 28	Thielenhaus, Ernst, Masch.-Fabrik 68
— Walter 15	Storz, Josef 45	Sukohi, Karl-Heinz 28	Thiemann, Fritz 37
— Wilfried 41	Stotz Apparatbau G.m.b.H. 45	Sulzbacher, Heinrich 15	Thien, Siegfried 39
Steinbauer, Wolfgang 50	— Kontakt G.m.b.H. 45	— Wilhelm 15	Thierauf, Rudolf 62
Steinbrenner, Hans 62	Stotzek, Lorenz 45	Sundsvälen, Thor 56	Thiessen, Paul 28
Steinebach, J. 15	Stoizem, Josef 41	Sust, Werner 15	— Wilhelm 62
Steinert, Elektro- magnetbau 42	Stracke, Gerhard 28	Swoboda, Erich 45	Thilo, Georghans 50
— H. 21	Sträb, Hermann 62	Tadeg, Karl 8	Thöne, Herbert 15
Steinhauer, H. 21	Strahinger, W. 21	Taenzer, Wilhelm 3	Thönnissen, Franz 2
— Gustav 37	Strasser, Erich 62	Talmon-Gros, Herb. 62	Thörnner, H. 21
Steinhäuser, Fritz 62	Straßburger, K. 22	Tasch, Otto 3	Thoma, Max 50
Steinhauser, Ludwig 50	Straßen- und Vor- ortbahnen der Stadt Köln 42	Taube, Gottfried 28	— Rudolf 2
Steinhoff, Walter 15	Stratmann, Joseph 56	Taubert, Hans 6	— Wilhelm 2
Steinmann, Heinr. 41	Streb, W. 34	Tauden, Hans 55	Thomann, Bruno 34
Steinseifer, Fritz 67	Strebel, Andreas 62	Tautenhahn, Helm. 5	Thomeier, August 41
Steinwender, Alfons 62	— Otto 62	Techn. Betriebe der Stadt Mühlacker 63	Thomsen, Peter 28
Stelling, Hans 15	Strecker, Konrad 62	— Überwachungs- verein Essen 16	Thomson, A. 32
Stelter, Hans 6	Streich, Otto 62	— — Hamburg 29	Thon, Eckhart 50
Stelzer, Erwin 3	Strenge, Kurt 64	— — München 51	Thurm, Friedr. 15
Stemmann, August 3	— Wilhelm 23	— Stuttgart 63	Thyes, H. 32
Stemplmann, C. 21	Strese, Emil 64	— Werke der Stadt Stuttgart 63	Tiede, Wilhelm 62
Stengele, Hermann 37	Strichow, E. 21	Telefonbau u. Nor- malzeit G.m.b.H. 22	Tiedemann, H. 8
Stenner, Rudi 15	Strickmann, Heinr. 67	— — — Lehner & Co. 33	Tielker, Erich 15
Stengel, von Otto 50	Striebel, Robert 45	Telefunken, Ges. f. drahtl. Telegraphie 63	Tiemann, Friedrich 15
Stenzel, Johannes 32	Striebing, Karl 62	— Geschäftsstelle Düsseldorf 8	— Karl 67
— Walter 62	Strigel, Robert 55	— Hannvoer 33	Till, Arthur 21
Stephan, Hans 45	Stritter, Friedrich 50	— Rundfunkwerk 33	Tillessen, Rudolf 23
— Gerhard 15	Strittmatter, E. 34	— Zentrale West 22	Tillmanns, Hans 52
Stephani, Rudolf 41	Strobel, Reinhard 45	— Zwingenberg 22	Tochtrop, Franz 15
Stepper, Max 28	Strobl, Josef 50	Tempel, Martin 55	Tödden, Ernst 28
— & Co. 29	Strömer, Rudolf 15	Tendick, Hanns 5	Toeller, Heinr. 21
Stern, Johann 50	Strohbach, E. 32	Tengeler, Hans 28	Tönjes, Ulrich 62
Stern, Konrad 50	Strohe, Adolf 41	Terbergen, Ulrich 3	Töpfer, Eugen 2
Sternickel, Heinrich 15	Strom, von, Eugen 67	Terraio, Antonio Lopez 62	Törner, Karl 41
Sterzel, Kurt 55	Strott, Adam 21		Tolazzi, Herb. 5
Steudel, Helmut 67	Strunz, Joh. 55		Topmann, Herbert 6
Steudter, Alfred 21	Studemund, Otto 28		Topp & Co., M. 22
Steuernagel, Paul 21	Studiengesellschaft für Höchstspan- nungsanlagen 63		Torkos, Franz 50
Steyer, Friedhelm 28	Stuben, Hch. 39		Tost, Erich 15
Dr. Theodor-Stiebel- Werke 33	Stückenschneider, Ferdinand 15		Totzek, Fr. Wilh. 15
Stieger, Jean 21	Stühlen, Hans 15		Trage, Christian 32
Stiegler, Albert 50	Stuhr, Hans 8		Traiser, Rudolf 62
— Friedr. 15			Trapp, Wlfg. 5
Stier, Alfons 62			Trappe, Friedrich 50
— Carl-Ludwig 28			Trappen, v. d., E. 28
— Friedrich 34			Trauboth, Erich 50

Namenverzeichnis

Seite	Seite	Seite	Seite
Trawnitschek, H. 21	Vaupel, Friedr. 5	Voller, F. 21	Walter, Fritz 29
Trede, Hermann 29	Vayhinger, Theo 62	Vollerthun, Arno 29	— Fritz 50
Tremba, Michael 37	VDMHalbzeug- 22	Vollmann, Otto 68	— Karl 55
Trepka, von, Gerhard 29	werke 22	Vollmar, Oskar 62	— Kurt 55
Tretschok, Kurt 8	Vatter 50	Vollmer, Wolf- 55	— Michael 37
Treu, Martin 55	Vauk, Heinz 29	Dietrich 55	— Werner 23
Treufel, von, Horst 55	Vedder, Franz 62	Vollrath, Bernhard 67	Walther, Gerhard 15
Treuz, Erwin 62	— Karl 67	Volquardsen, 39	— Oskar 29
Triebel, P. 21	Vehoff, Emil 15	Christian 39	Walz, Gustav 62
Triemer, Felix 23	Vehstedt, Hans 29	Volz, E. 21	Wandel, Robert 62
Trinkus, E. 32	Veil, Otto 62	— Walter 62	Wandt, Adolf 21
Trippel, Balduin 52	Veller, Hans 67	Vomhof, Wolfgang 29	Wanner, Herbert 62
Trittel, A. 32	Vent, Otto 15	— Wolfgang 55	Wardenbach, Erich 68
Trockels, Friedr. 3	Vereinigte Filz- 63	Vorax-Gesellschaft, 52	Warkentin, Gustav 29
Troeltsch, Friedr. 34	fabriken Giengen 63	Bresges & Co. 52	Warmuth, Otto 32
Tröger, Karl 62	A.-G. 63	Vorbeck, Walter 32	Warncke, H. 29
— Richard 39	Verleger, Hugo 15	Vorschulte, Gustav 15	Warncke, H. 29
— Wilhelm 6	Vernimb, Martin 29	Vorwald, Günther 29	Warnecke, H. 32
Troost, Albert 50	Verse, Hans 29	Vorwerk & Co. 68	Warrelmann, Hein- 24
Tropf, Fritz 62	Heinrich 29	Voß, Fritz 45	rich 24
Trost, Ferdinand 62	Veth, Alfons 55	— Hermann 62	— Karl Ernst 29
Trübenbach, Hans 50	Viebahn, Hans- 41	Vossins, Kurt 15	— S. 45
Trüg, Otto 62	Günther 41	Voß, Wilhelm 15	Warsch, Heinrich 15
Trümmel, Werner 15	Viehmann, H. 21	Voßloh-Werke 16, 68	Wartenberg, Wolf- 29
Trüper, Heinrich 6	Vierling, Otto 50	Voth, Adolf 32	gang 29
Trümmer, Emil 50	Walter 50	Vox, Wilhelm 35	Waschke, Richard 29
Trute, Hermann 15	Viertel, Gerhard 67	Vulkan, A.-G. 42	Waskönig, Walter 68
Trutmania G.m.b.H. 16	Vieting, Albert 50	VW-Werke Vin- 16	Wasmus, Adolf 29
Tscharntke, Karl 8	Vievering, Hans 15	cenz Wiederholt 16	Wasserkampf, 39
Tschentschel, Walter 37	Vigener, Walter 2	Wachs, Walter 50	Friedrich 39
Tuchtenhagen, Kurt 29	Vith, Josef 29	Wachsmuth, Hans 29	Wasserrab, Theodor 45
Tümsmeyer, Peter 41	Vits, Heinz 21	Wacker, Hermann 50	Waste, H. 32
Türk, Heinrich 15	Vöge, Heinrich 39	Wächter, Otto 55	Watermann, Friedr. 3
Turowski, Stephan 6	Voegel, Max 29	— & Co. 16	Watzinger, Heinrich 45
— W. 32	— Willi 29	Waller, Willi 67	Waudam, Johannes 62
Tusch, Walter 15	Voegel, Josef 45	Wälsche, Werner 15	Waurick, Gerh. 55
Tuschen, Franz 3	Vöglin, E. 21	Wätzig, Rud. 5	Wawretschek, Her- 56
Tyca, Heinrich 29	Vögtlin, E. 35	Wagener, Friedr. 5	bert 56
Twachtmann, Georg 21	Völker, Carl- 21	Wagner, A. 21	Weber, Alfons 35
	Friedrich 21	— Albert 8	— Erich 50
Ufer, Friedrich 8	Völker, Fritz 29	— Albert 62	H. H. 41
— Werner 8	— Georg 45	— Franz 29	— Hermann 8
Uhl, Heinz 62	Voerste, Otto 29	— Gerhard 62	— Karl 45
Uhlemann, O. 32	Vogel, Albert 50	— Heinrich 62	— Otto 35
Uhlenbruch, Karl 15	— Heinz 21	— Johs. 67	— Otto 37
— Roland 15	— Rudolf 8	— Karl 37	— Paul 67
Uhlenbruch, Hugo 8	— Theodor 50	— K. W. 21	— W. 21
Uhlig, Kurt 15	— Walter 5	— Ludwig 45	— Werner 15
Uhmann, Emanuel 55	— Werner 21	— Richard 45	— Wilhelm 62
Uhrmann, Alois 55	— Wilhelm 41	— Robert 62	Wecker, Otto 21
Uitting, Otto 55	Vogelsänger, 3	— Richard 62	Weckerlein, Adolf 55
Ulbricht, Friedrich 8	Walter 3	— Robert 62	Weeber, Lambert 50
Ulrich, Martin 32	Vogelsang, Georg 62	— C. Theod., A.-G. 22	Wegenaer, Hans 8
— Richard 32	— Theodor 15	Wahl, Ernst-G. 8	Wegener 2
— Walter 37	Voigt, Walter 45	— Günter 41	— Karl 37
Ulrich, Friedrich 55	— Gottfried 50	— Herbert 29	— Max 55
Umbreit, Julius 29	— Wilhelm 15	Wahlen, Heinz 2	— Walter 39
Umstätter, Fritz 15	— Wilhelm 67	Wahlig, Julius 62	— Willy 2
Unger, Franz 5	Voigt, A. 21	Wahmann, Emil 15	Weger, Hans 67
— Heinrich 15	— Carl-Wilh. 29	Wais, Paul 62	Wegesin, J. 67
Unsell, Friedrich 23	— Gerhard 62	Walbaum, Hans 2	Wegner, Konrad 8
Unverdroß, H. 21	— Johannes 52	Paul 2	— Otto 39
Upleger, Fritz 39	— & Haefner A.-G. 22	Walbeck, Jakob 2	— Otto 41
Urbahn, Carl 41	Voith, Arnold Ernst 50	Waldern, Hugo 45	Wehlmann, W. 21
Urbigkeit, Otto 15	Volckmer, Max 29	Waldmann, Ernst 62	Wehn, Rudolf 15
	Volderauer, H. 35	Waldow, H. 32	Wehner, Wilhelm 50
Väth, Karl 37	Volger, Rolf 29	Walgenbach, Wil- 15	Wehnes, Werner 15
Vagt, Heinz 6	Volk, Heinrich- 15	helm 15	Weibeler 37
Vafiadis, Georg 50	Rudolf 15	Wallach, Karl 41	Weichelt, Otto 35
Vahle, Paul Werner 15	Volkelt, Josef 29	Wallenstätter & Co. 45	Weicker, Reinhold 55
Valerius, Albert 45	Volkmann, Hubert 67	Wallot, Julius 62	Weidle, Kurt 50
Vanselow, Hans- 41	— Karl Otto 29	Wallrabenstein, 41	Weifenbach, G. 21
Ludwig 41	— W. 21	Robert 41	Weigand, Helmuth 62
	Voll, Bert 15	Walsemann, Bodo 29	Weigert, Anton 50
			Weihe, M. 21

Seite	Seite	Seite	Seite
Weihmüller, Ludwig . 62	— Hans 37	Wiegel, Adolf 8	Wischeropp, Hans . 16
Weihrauch, Josef . . 2	— Hermann 15	— Kurt 8	— Hans 67
Weiland, Fritz . . . 35	— Karl 55	Wiegels, Karl 29	Wißkirchen, Anton . 51
Weilbach, Anton . . 55	— Karlheinz 62	Wieland, Max 50	Wißler, Ferdinand . 2
Weiler, Erwin 62	— Karl-Heinz 15	— Hermann 62	Wißmeyer, Karl . . . 51
— Franz 45	— Max 35	Wiemer, Ludwig . . . 55	Witt, Alfred 29
— Hans 21	— Neidhard 64	Wienhard, Alfons . . 55	— Max 29
Weimann, Friedr. . . 37	— Wilhelm 15	Wiersbowski, Alfr. . 67	Witte, Waldemar . . 63
Weinand, Wilh. . . . 15	Werners, Paul 15	Wierzyk 42	Wittekind, Otto . . 16
Weinbeck, Heinrich . 15	Wernik, Heinz 67	Wiesbaden A.-G. . . . 22	Wittenbeck, Hans . . 55
Weindel, Artur . . . 35	Werning, G. 32	Wiese, Arwed 29	Wittenberg, Bernh. . 5
Weindl, Georg 50	Werr, Franz 42	— Friedrich 16	— Heinrich 16
Weindorf, Oskar . . . 8	Werren, Albrecht . . 37	— H. 45	Wittenburg, Willi . . 29
Weingartner, W. . . . 21	Wertenson, Karl . . . 50	— Kurt 29	Wittkopf, Ingmar . . 32
— Werner 29	Werth, Alex 42	Wieseler, Wilhelm . . 16	Wittkorn, Heinz . . . 56
Weinheimer, Rudolf . 45	Werthmann, Albert . 68	Wiesenecker, Philipp . 21	Wittmann, Hans . . . 32
Weintraud, E. 21	Wertmann, August . . 63	Wiesler, Friedrich . . 23	— & Co., Georg . . . 56
— Hans 62	Wesche, Kurt 37	Wieselhuber, Hugo . . 51	Wittmer, Franz 56
Weis, W. 32	Wessel, Albert 15	Wiesner, Rudolf . . . 45	Wittsack, Paul 45
Weise, Edm. 35	— Fritz 29	Wieteki, Johann . . . 52	Wittstock, Wilhelm . 16
Weisensee, Wilhelm . 55	— Rudolf 55	Wigger, H.-H. 3	Witzel, Ernst 8
Weiser, Ernst 8	— Werke A.-G. . . . 42	Wiglinghaus, Gustav . 52	Witzell, W. 22
Weishaupt, Helmuth . 50	Westerhoff, Eugen . . 37	Wilbrandt, Heinz . . . 16	Wirz, Eduard 23
Weiß, Eugen 52	Westermann,	Wilczek, J. 32	Wobbe, Stephan . . . 16
— Otto 45	— Gerhard 15	Wild, Walter 51	Wöhle, Joh. 39
— Alex 29	— Walter 55	Wilde, Otto 29	Wöhner, Alfred . . . 55
— Franz 50	Westermeyer,	Wildermuth, Carl . . 52	Wöhr, Fritz 51
— Friedr. 5	— Margareta 55	— Erich 52	Wölfer, Franz- Hermann 3
— Karl 15	Westerkamp, Wilh. . 3	Wilfert, Hans 45	Wölk, Artur 51
— Kurt 2	Westfälische	Wilhelm, K. 22	Wöll, K. 22
— Rudolf 62	Metallindustrie	— Karl 55	Wörmbke, Otto . . . 29
Weißbach, J. 21	Ernst Stenner 68	Wilhelms, Helmut . . 55	Wörner, Theodor . . 55
Weißpferdt, A. . . . 39	Westhoff, Leonh. . . 67	Wilke, Gerhard 64	Woernle, Otto 63
Weitbrecht,	Weßbecher, Elmar . . 50	Willers, Bruno 56	Wörtche, Rudolf . . . 45
— Wolfgang 55	Wetterer, Albert . . . 42	Willig, Albert 32	Wörtmann, Hermann . 29
Weitemeyer, Willi . . 37	Wettstein, Wilh. . . . 55	Willisen, Frhr.	Wörz, Paul 63
Weitkamp, Karl . . . 15	Wetzel, Wilhelm, . . .	Adolf von 37	Wössner, Hans 63
Weitze, Fritz 29	Fabrik elektr.	Willke, Richard . . . 16	Wohlbald, Hans . . . 63
Weldemeyer,	Heizkissen 68	Willmer, M. 32	Wohlert, Franz 16
— Friedr. Wilh. . . . 56	Wetzer, Hermann . . . 50	Willner, Herbert . . . 15	Wohlfrom, Walter . . 63
Welker, H. 21	Weustermann, Adolf . 6	Willroth, Rudolf . . . 39	Wojtech, Waldemar . 63
— Theodor 14	Wewer, Otto 67	Wilms, Walter 39	Wolf, Alfons 51
Weller, Franz 37	Weyer, Ulrich 42	— Wilh. 8	— Ferdinand 63
— Hans 41	— Walter 42	Wilshaus, Wilhelm . 16	— G. 22
Welling, Karl 3	— & Zander 42	Wimmer, Heinz 2	— H. 22
Wellm, Rudi 39	Weyh, Otto 50	Wimpff, Wilhelm . . . 62	— Hansjörg 35
Wellmann, Kurt . . . 21	Wiarda, von, E. . . . 32	Wingen, Jakob 67	— Leonhard 51
Welter, Heinz 37	Wichelmann, Paul . . 39	Wingenden, Rudolf . . 8	— Max 8
— Heinz 42	Wichmann, Helmut . . 15	Winkelmann, Erich . . 29	— Rudolf 63
Wemcken, Helmut . . 67	Wichtler, Felix 62	— Fritz 32	— Walter Erich . . . 16
Wend, H. 21	Wickler, Herbert . . . 67	— Walter 16	Wolfrath, Otto 45
Wende, Adolf 15	Wickmann-Werke . . . 16	— Werner 16	Wolfermann, Friedr. . 42
— Karl 8	Wider, Robert 3	— Wilh. 32	Wolff, Adolf 8
Wendeler, Heinz . . 15	Widmann, Dieter . . . 62	Winkhaus, Casp. Arn. . 16	— Georg 51
Wendorf, G. 32	— Ludwig 62	Winkler, Friedrich . . 39	— Heinrich 2
Wendt, Rudi 15	Widmer, Hermann . . 62	— Friedrich 63	— Heinr. 39
Wenger, Eduard . . . 62	Wiebecke, Max 29	— Hans 22	— Karl 63
Wengler, Richard . . 62	Wiedemann, Otto . . . 62	— Heinz 16	— Theodor 67
Weniger, Rudolf . . . 62	Wiek, Günther 15	— Norbert 21	— Willy 55
Wenzel 67	Wieckel, William . . . 29	— Rolf 45	Wolfram, Erich 23
— F. 21	Wied, Eugen 62	— Wilh. 29	— Wilhelm 37
— Hans 6	Wiedeke, Walter . . . 50	Winter, F. 22	Wolfsdorf, E. 22
— & Co., Erich 68	Wiedemann, Paul . . . 62	— Heinrich 23	Wolters, Hans 67
Werbeck, Horst . . . 62	— Robert 50	Wipf, Friedrich 51	Wolz, Theo 45
Werberger, Heinrich . 55	— Theo 50	Wirbser, Oskar 23	Worms, Gerh. 42
Wergin, Paul 15	Wieder, Alois 50	Wirschitz, Franz . . . 51	Wortmann, Karl . . . 67
Werle, Walter 62	— Armin 15	Wirth, Gustav 45	— Josef 16
Wermter, Alfons . . . 45	Wiedermann, H. . . . 32	— Paul Gerhard 37	Wosnik, Johann . . . 8
Werneke, A. I. 8	Wiedner, Leopold . . 29	— Walter 51	Wroben, Günter . . . 16
Werner, Erich 15	Wiefel, Otto 42	Wirths, Otto 67	Wroost, Herbert . . . 29
— Erich 67	Wiegand, Fried. . . . 67	Wirthwein, Heinz . . . 63	Wucherpennig, . . . 29
— Friedrich 15	— Hans 16	— Otto 16	— Adolf 29
— Fritz 45	— Paul 21	Wirtz, Jacob 8	Wuchsa, Max 67
— H. 21	— Werner 16	— Josef 63	
		— K. 22	

	Seite		Seite		Seite		Seite
Wühr, Maximilian . . .	37	Wursthorn, Fredo . . .	8	Zell, Clemens . . .	51	Zillmann, Richard . .	16
Wünsch, Hartwig . . .	5	Wurzer, Ernst . . .	51	— Hugo . . .	63	Zillmer, W.	35
Würtenberger & Haas	35	Xander, Fritz . . .	63	Zellstofffabrik Mannheim-Wald- hof	45	Zimber, Alfons . . .	23
Württ. Gebäude- braundversiche- rungsanstalt . . .	63	Zabel, Rudolf . . .	55	Zengerling, W. . .	22	Zimmer, Hubert . . .	16
Wüst, Julius . . .	63	Zach, Anton . . .	55	Zera, Spezialfabr. elektr. Prüfgeräte .	42	Zimmerer, Hans . . .	63
Wüste, Wilh. / . . .	8	Zähringer, Egon . .	55	Zerelles, Martin . .	67	Zimmermann, Hans .	55
Wüsten, Hans . . .	67	Zander, Albert . . .	39	Zettler, Alois . . .	51	— Hans-Gerhard . .	63
Wüster, Erwin . . .	63	— Ernst	16	Zetzmann, Ernst . .	6	— Herbert	29
Wüstney, P.	22	— Hermann	2	Zeuch, Hans	37	— Otto	63
Wulf, Carl	67	Zappén, Josef . . .	16	Zeyen	39	— Paul	51
Wulff, Eduard . . .	29	Zastrow, von, R. . .	35	Ziegenberg, R. . . .	39	— Rudolf	55
Wunderer, Karl . . .	51	Zechendorff, Alfred	51	Ziegler, Fritz . . .	45	Zingraff, Josef . . .	35
Wunderle, J. Ed. . .	22	Zecher, Gustav . . .	29	— Elektromaschinen- bau Dr. Krauter . .	35	Zinn, Erich	32
Wunderlin, Alfred .	63	Zeeb, Walter	63	Ziehl, Günter . . .	63	Zitsch, Heinz	45
Wundram, Olof . . .	32	Zeeh, Rolf	22	Ziehlsdorf, Ernst . .	67	Zorn, Alexander . . .	23
— Oskar	29	Zeh, Manfred	63	Ziemen, R.	22	Zuber, Anton	37
Wundt, Helmuth . .	23	Zeier, Otto	55	Zienteck, Hans . . .	3	Zuccamaglio, v., Karl Heinrich . . .	23
Wunnenburger, Reinhold	64	Zeiger, Emil	16	Zieten, Walter . . .	55	Zülch, Karl	16
Wuppermann, Max .	67	— Josef	16	Zilka, Wilh.	16	Zuilen, van, Reiner .	42
		Zeiller, Leopold . .	16			Zumbusch, Heinz . . .	51
		Zeiß, Ernst	37			Zwanziger, Werner .	16
						Zwehl, von, Willi . .	8

SBIK



Wir fabrizieren

**Schaltgeräte
bis zu Spannungen von 500 V
und Stromstärken bis zu 600 A:**

Fernschalter

Schütze, mit und ohne Motorschutz, sowie Wende-
schalter, Sterndreieckschalter, Polumschalter, Notlicht-
(Netz)-Umschalter

Handbetätigte Überstrom - Schalter

Motor-Schaltwarte, Überstrom-Leistungsschalter, auch
mit Gestänge- und Motor-Antrieben.

RWE-Schutzschalter

Trennwarte, Steckwarte, Hausanschlußkasten, Stations-
Schalter auch mit Wiedereinschalt-Vorrichtung

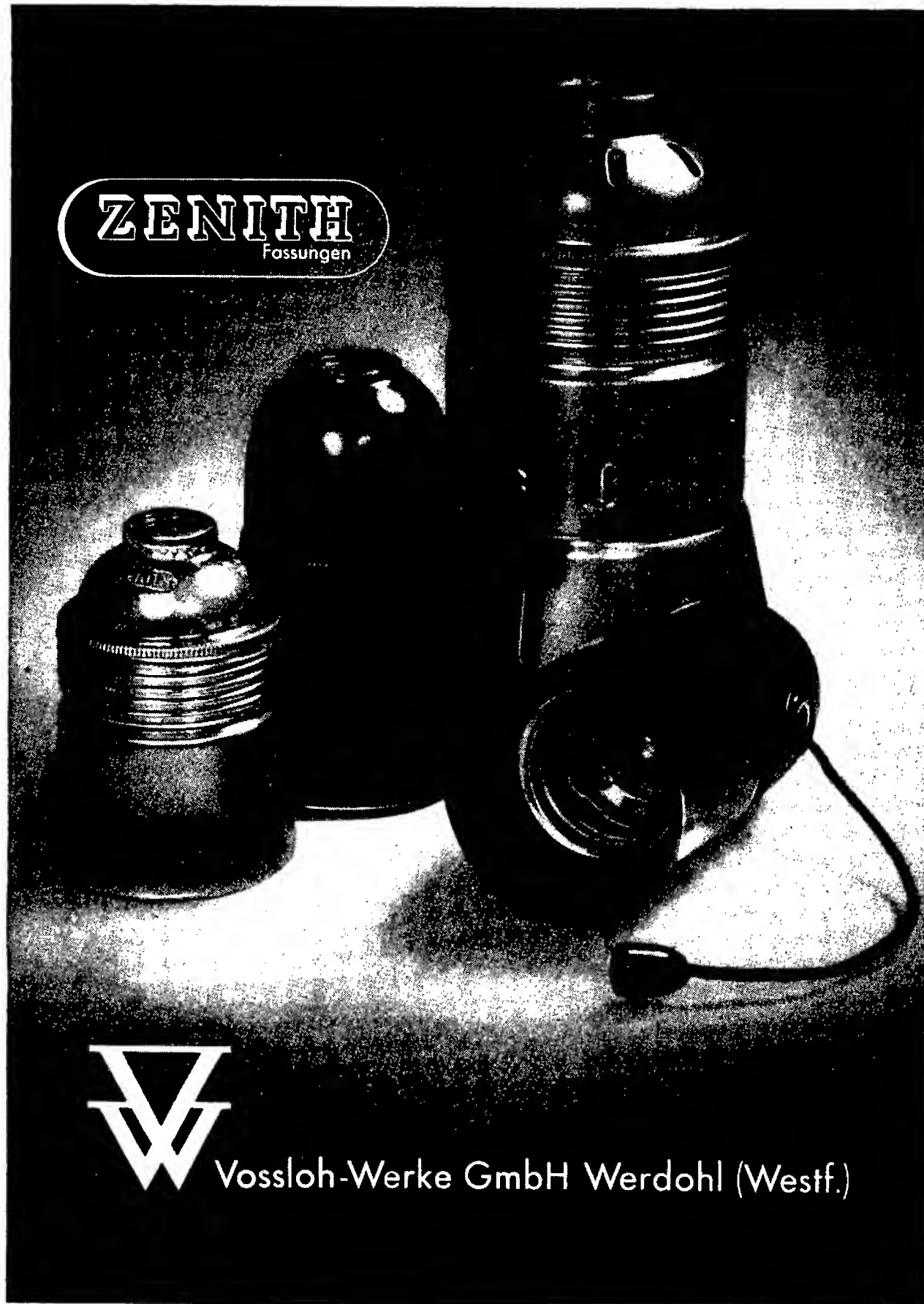
**Steuergeräte für Fernschalter,
Überspannungsableiter sowie
gußgekapselte Verteilungs-Anlagen**

Verlangen Sie die SBIK-Auszugsliste 19511

SCHIELE INDUSTRIEWERKE

G. M. B. H.

HORNBERG / SCHWARZWALDBAHN





RINGSDORFF

Elektrokohle

KOHLEBURSTEN
BURSTENHALTER
KOHLESCHLEIFSTÜCKE
OBUSCHLEIFSTÜCKE
KRANSCHLEIFSTÜCKE
KINOKOHLE
BOGENLICHTKOHLE
KOHLESCHWEISS-
ELEKTRODEN
BATTERIESTIFTE
KOHLEFORMTEILE
GRAPHITANODEN
TELEPHONKOHLE
SINTERLAGER

RINGSDORFF-WERKE · GMBH · MEHLEM-RHEIN

Ruf: Bad Godesberg 5951 · Draht: Kohlebürste

U S Surplus Material!

Das **STEG** Angebot

unser
illustriertes
VERKAUFSPROGRAMM
über:

**Nachrichten-Geräte, Elektro-Geräte- und
Materialien, Elektronen-Röhren, Baue-
räte, Installations-Material, Technischer
Bedarf, Werkzeuge usw.**

Erscheint monatlich
Kostenlose Zustellung

STEG

Stuttgart, Marienstraße 43
nach Vorlage Ihrer genauen
Anschrift.



Bauknecht
— ein Begriff
für Zuverlässigkeit

ELEKTROMOTOREN
bis 1000 kW für Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft

SCHALTGERÄTE
mit und ohne Sicherungen, betriebssicher, große Schalt-
häufigkeit

KUCHENMASCHINEN
BAUKNECHT-Allzweck für gewerbliche Küche
BAUKNECHT-Allfix für jeden Haushalt

KÜHLSCHRÄNKE
BAUKNECHT-Kristall, 80 l Absorber-Haushalt-Kühl-
schrank, stromsparsam, hohe Kühlleistung, formschön

G. BAUKNECHT G.m.b.H.
Elektrotechnische Fabriken · Stuttgart S

Dr. E. Dürrwächter

Spezialfabrik elektrischer Kontaktwerkstoffe

PFORZHEIM

Fernsprecher 41 86 - 88 — Fernschreiber-Anschluß 048 839

Edelmetallkontakte für Stark- und Schwachstrom nach DIN, eigenen Normen und in jeder gewünschten Spezialausführung.

Hartsilber-Kontakte „Argodur 27“.

Bimetall-Kontakte in allen Größen und mit jeder gewünschten Edelmetallauflage.

Kontakte aus Speziallegierungen.

Wolfram-Kontakte — Molybdän-Kontakte.

Kontakte aus Sinterwerkstoffen.

Silber-Kohle-Körper für Unterbrecher- u. Schleifkontakte.

Kontakt-Bimetalle als Bleche, Bänder, Drähte und Profile aller Art, bestehend aus NE-Metallen mit eingeschweißten oder aufgeschweißten Edelmetallbahnen, auch doppelseitig, in jeder gewünschten Ausführung.

Aufschweiß-Kontakte — Silber auf Stahl oder Silber mit aufgeschweißter Lotschicht.

Kontaktfedern aus Edelmetallen, Kontaktbimetallen und versilberten oder rhodinierten NE-Metallen.

Kontaktsegmente, Kontaktfinger etc. für Starkstrom-Schaltapparate.

Relais-Federn fertig bestückt mit Kontakten und Pimpeln für das Fernmeldewesen.

Sicherungsdrähte — Manteldrähte — Einschmelzdrähte

Edelmetall-Präparate für keramische Kondensatoren und gedruckte Schaltungen.

Spezial-Prospekte bereitwilligst auf Anfrage

BAUGESELLSCHAFT FÜR ELEKTRISCHE ANLAGEN

AKTIENGESELLSCHAFT

D Ü S S E L D O R F

FERTIGUNGSÜBERSICHT

der

Schaltanlagen für Hoch-
und Niederspannung
Schalttafeln, Schalt-
schränke, Schaltpulte
und -warten

Gekapselte Hochspan-
nungsschaltanlagen
Gekapselte Nieder-
spannungsschalt-
anlagen

Schützensteuerungen,
Steuerungen für voll-
automatische Diesel-
Notstromaggregate

Flüssigkeitsanlasser
für Drehstrom-Motoren
größerer Leistung, auch
für Dauerregulierung
mit Durchflußkühlung

Flüssigkeitsanlasser
für Haspelantriebe

GARBE, LAHMEYER & CO.

AKTIENGESELLSCHAFT

A A C H E N

Flüssigkeitsanlasser mit
automatischer Schlupf-
regulierung für
Walzwerksantriebe

Leonard - Regler für
größere Regelsätze

Hebelschalter
100 — 600 Amp.

Griffsicherungs-
unterteile

Hochspannungs-
Trennschalter

Hochspannungs-
Ölschütze

Steuerschalter für
hohe Beanspruchung

Gußgekapselte
Hebel - Endschrter

Gußgekapselte
Getriebe - Endschrter

In Verbindung mit unserem Stammhaus Garbe, Lahmeyer & Co. AG., Aachen, liefern und
installieren wir komplette elektrische Ausrüstungen für alle Industriezweige, u. a. für:

Papier-, Leder- und Gummiindustrie

Druckereien

(Rotationsmaschinensteuerungen)

Zuckerfabriken

(Zentrifugensteuerungen)

Mühlenwerke

Brauereien

Öffentliche Versorgungsbetriebe

Brikettfabriken

Abraum- und Kohlenbagger

Absetzgeräte

Band- und Förderanlagen

Hütten- und Walzwerke

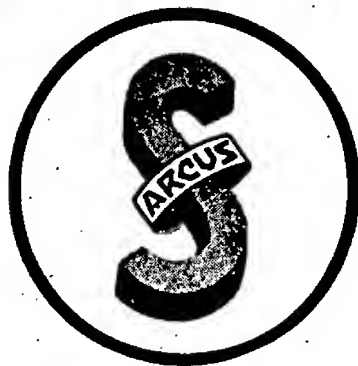
Chem. Industrie

Maschinenfabriken

(Werkzeugmaschinensteuerungen)

ARCUS

Freileitungsmaterial



ARCUS-Profilklemmen aus Kupfer mit Silizium-
bronzeschrauben oder Kuprodurschrauben

ARCUS-Wellenklemmen für bruch sichere Auf-
hängungen und Sicherheitspunkte in den
Leitungsnetzen

ARCUS-Profilklemmen aus Aluminium

ARCUS-Aluminium-Endbundklemmen mit und ohne
Abzweigmöglichkeiten für Kupfer und
Aluminium

ARCUS-Zweimetallklemmen für die Verbindung
von Kupfer mit Aluminiumleitungen in
unserer bewährten AlcuBi-Ausführung

ARCUS-Kerbverbinder aus Kupfer und Aluminium

ARCUS-Abzweigklemmen und Endbundklemmen
aus Temperguß

ARCUS-Kabelabzweigklemmen für Kupfer- und
Aluminium-Kabel

ARCUS-Kopfklemmen für Stromabnahmezwecke
und Sicherheitserdungen

ARCUS-Erdseilklemmen in verschiedenen Aus-
führungen

ARCUS-Kerbzange, D.P. und Auslandspatente

in altbewährter Ausführung

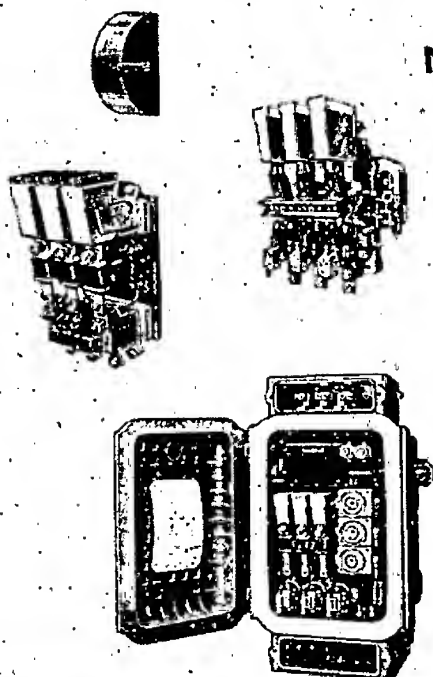
A. SCHIFFMANN · MÜNCHEN 13

Adalbertstraße 40/42 Fernruf 34 3 29

Spezialfabrik der Elektrotechnik

Fernschreiber 063 501

NIEDERSPANNUNG

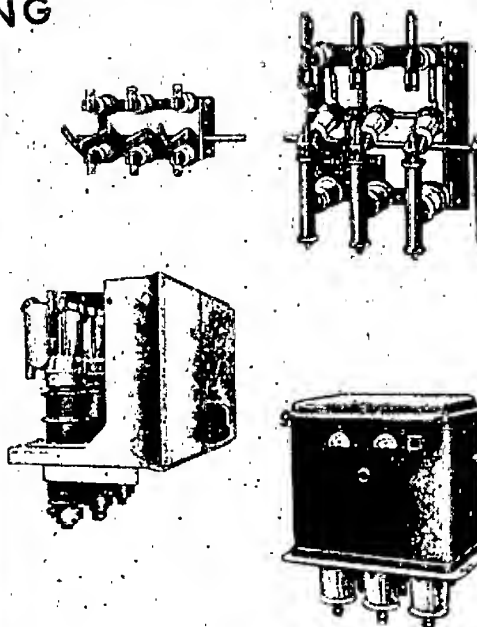


Offene und gekapselte Lastausschalter ·
Hebelschalter · Sicherungen · Leistungs-
Trennschalter, -Selbstschalter, -Fern-
selbstschalter · Luftschütze · Ölschütze ·
Licht- und Kraftverteiler · Kranschalter ·
Streckenschalter · Schlagweitzer- und
explosionsgeschützte Schaltgeräte und
-Anlagen



HOCHSPANNUNG

Trennschalter
Hochleistungs-Sicherungen · Leistungs-
Trennschalter · Leistungs-Ölströmungs-
Schalter · Leistungs-Ölschaltkasten ·
Stützer · Durchführungen · Leitungs-
träger · Steuergeräte · Handantriebe
Fernantriebe



CALOR

EMAG

CALOR-EMAG

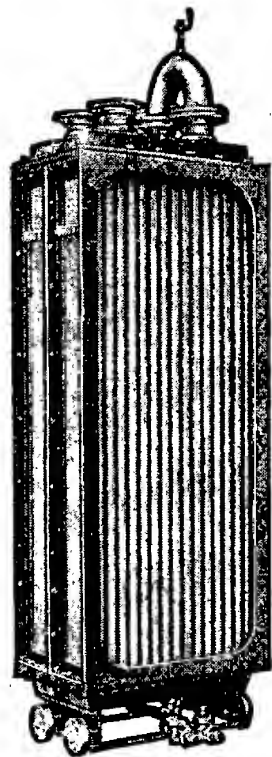
ELEKTRIZITÄTS-AKTIENGESELLSCHAFT

RATINGEN

SPEZIALFABRIKEN FÜR HOCH- UND NIEDERSPANNUNGS-
SCHALTGERÄTE UND SCHALTANLAGEN

Wärmeaustauscher

mit dem bewährten elliptischen GEA-Rippenrohr, und zwar:



GEA-Kreislaufkühler
für senkrechten Einbau



GEA -

Kreislaufkühler für luft- und wasserstoff-
gekühlte elektrische Maschinen

Wärmeaustauscher für Gasturbinen, Gas-
turbolokomotiven etc.

Luft-Ölkühler für Transformatoren

Wasserrückkühler

Druckluft- u. Gas-Zwischen- und Nachkühler

Fahrzeugkühler für Diesellokomotiven und
-Triebwagen

Luftkondensatoren für Dampfkraftanlagen,
Dampflokomotiven und Dampflokomobilen
jeder Größe

Luft- und Gaserhitzer

Gebläse-Lufterhitzer

Konvektoren für Raumheizungen

Oberflächen-Raumkühler

Speisewasser-Vorwärmer und -Verdampfer

Luftvorwärmer, rauchgas- oder dampfbeheizt

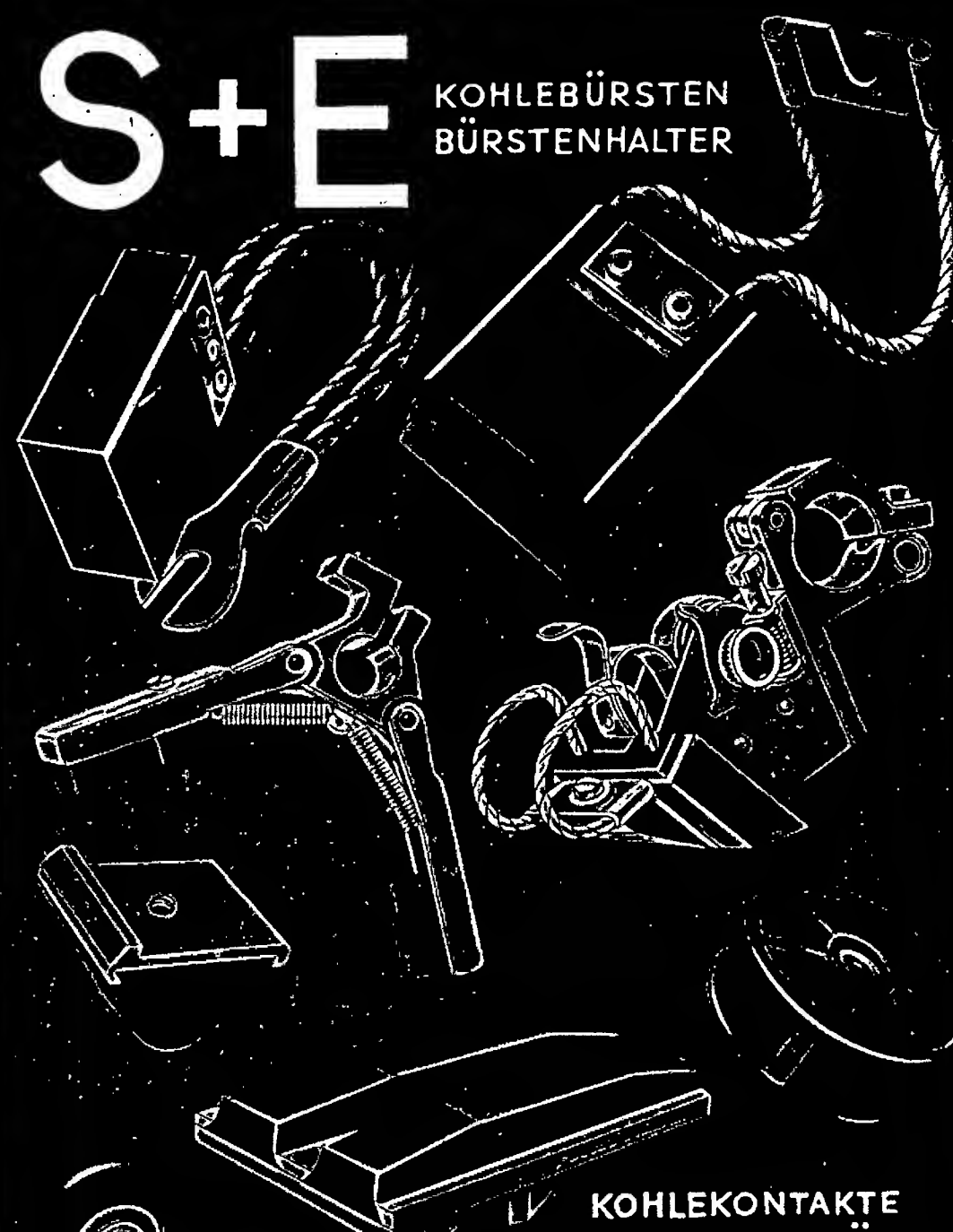
Kontaktapparate für die chemische Industrie

Wärmeaustauscher für Kälteanlagen und
jeglichen Sonderzweck

Prallflächen-Luftfilter

Luftkühler-Gesellschaft m.b.H.
BOCHUM

S+E KOHLEBÜRSTEN
BÜRSTENHALTER

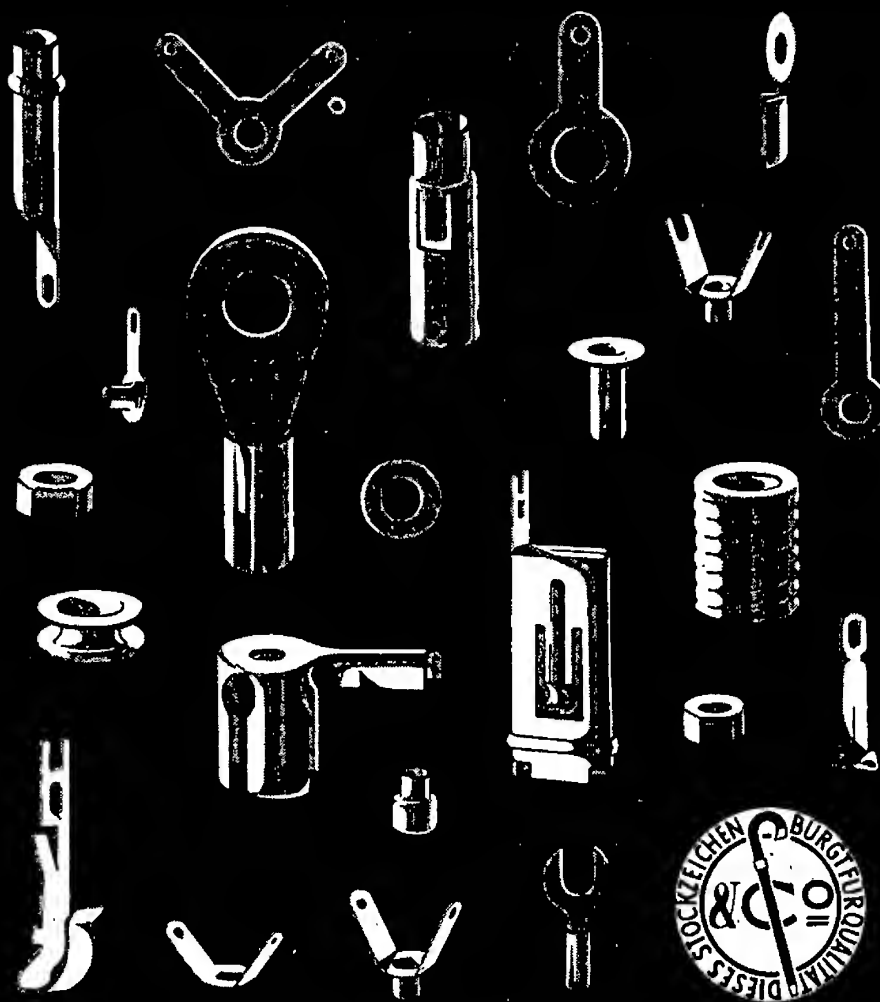


KOHLEKONTAKTE
KOHLESCHLEIFSTÜCKE

SCHUNK & EBE GMBH GIESSEN
ELEKTROKOHLE-UND HALTERFABRIK

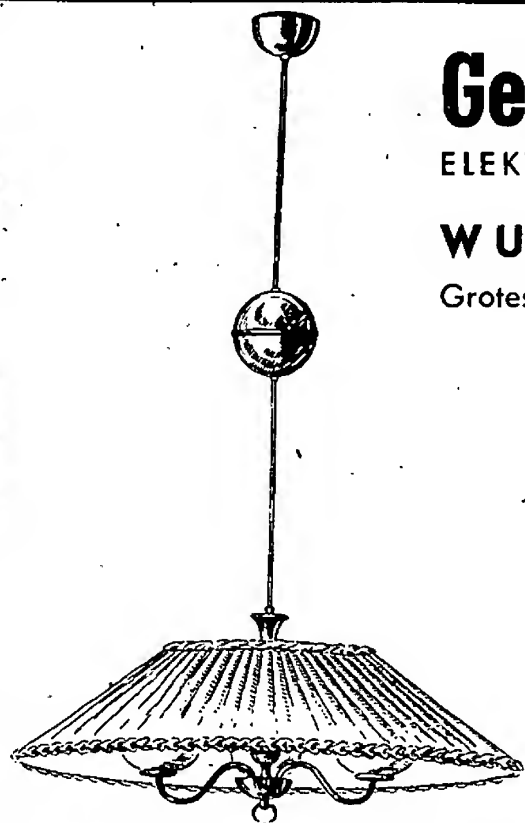
MÜNCH





STOCKO

METALLWARENFABRIKEN
HUGO UND KURT HENKELS
WUPPERTAL-ELBERFELD



Gebr. Hombrecher

ELEKTRO - HANDELSGESELLSCHAFT

WUPPERTAL - BARMEN

Grotestraße 9-11 · Fernsprecher 5 50 61

Beleuchtungskörper

Lampenschirme aller Art
nach gegebenen und eigenen
Entwürfen

Elektromaterialien

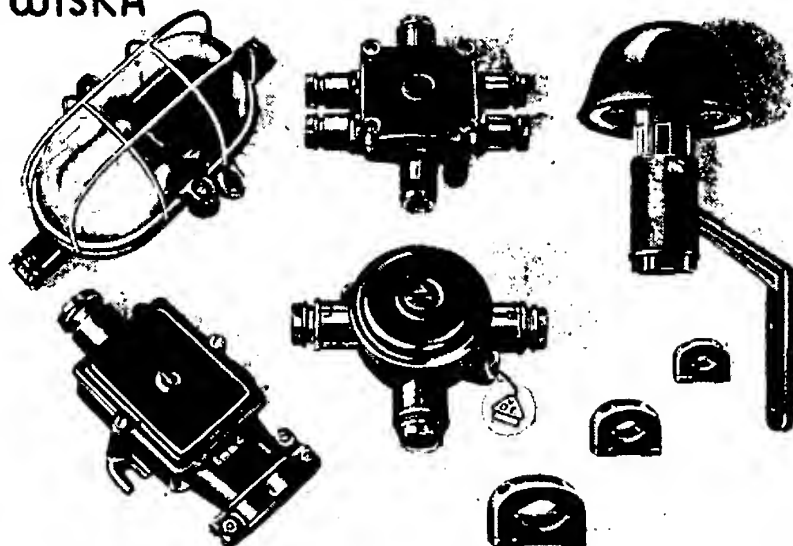
Heiz- und Kochgeräte

Besichtigen Sie bitte unsere großen,
reich sortierten Ausstellungsräume!



WISKA-Feuchtraum-Zubehör

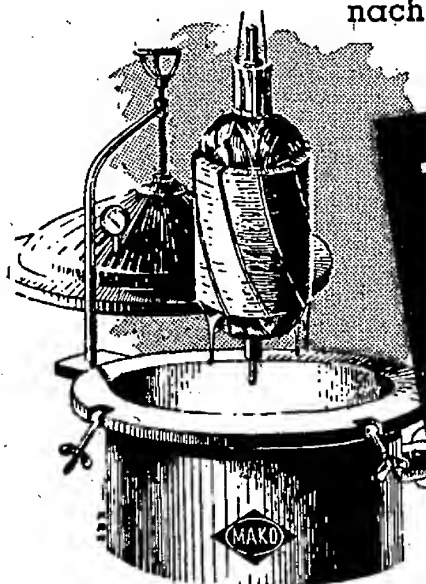
vom Fachmann geschätzt und bevorzugt



*** HOPPMANN & MÜLSOW ***
Elektrotechnische Spezialfabrik und Presswerk · Hamburg 19

ELEKTRO-ISOLIERLACKE

nach Verfahren Frenkel



TRÄNKLACKE
IMPRÄGNIERLACKE
ÜBERZUGSLACKE
DRAHTLACKE



Schramm LACK- UND FARBENFABRIKEN AG. OFFENBACH-MAIN



Ritterzange
DRP.

Ritterzange DRP. Ritterpfosten DP. a.

für Einzel- und A-Masten sind
die wirtschaftlichste Bauweise
im Leitungsbau für Holzmaste.
Zugelassen für bruch sichere
Führung von Hochspannungs-
Leitungen über Postleitungen.

Prospekt und Kostenvoranschlag kostenlos

Fritz Nitzsche

Inh.: Ing. Joh. Neundörfer



Ritterpfosten
RPF. DP. a.

(17 a) KARLSRUHE, Kaiserallee 99 · Telefon 58 18

KROMBERG & SCHUBERT

Wuppertal-Langerfeld, Telegr.: Kroschu, Ruf: Sa.-Nr. 57661,
Fernschreiber-Nr. 084845

Das Zeichen  für Qualität!

Unser Fabrikationsprogramm:

Abt. Starkstrom: Isolierte Leitungen

Abt. Schwachstrom: Telefonschnüre und Reihenschaltkabel aller Art

Abt. Autokabel: Kabelsätze, Zündkabel und Lackkabel

Abt. Motoren: Gleichstrom-, Einphasenwechsel- u. Drehstrom-
motoren



»KRONPRINZ« - SPEZIALITÄTEN

HOCHSPANNUNGSARMATUREN

NIEDERSPANNUNGSMATERIAL

STAHLPANZERROHRE

der zuverlässige Schutz für elektrische Leitungen

»**KRONPRINZ**«

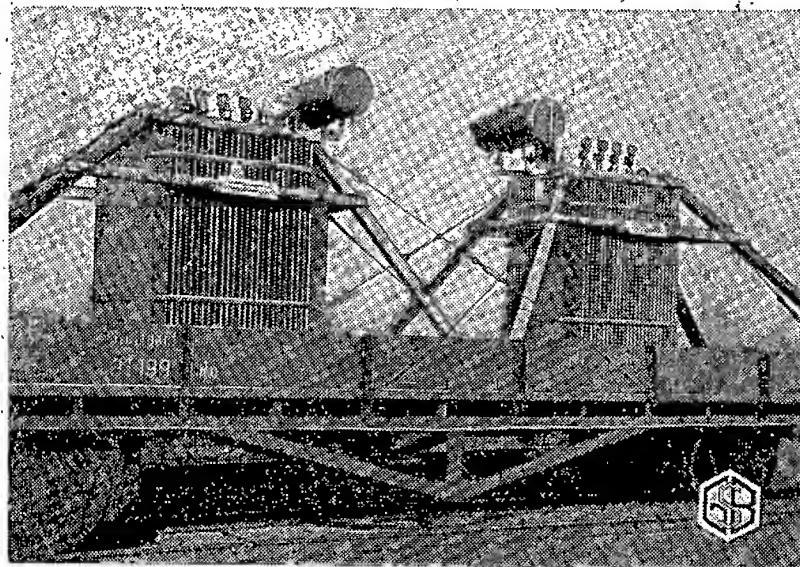
AKTIENGESELLSCHAFT FÜR METALLINDUSTRIE
SOLINGEN-OHLIGS



Industrie-Grossanstrich
Inh. Ingenieur Julius Esser & Co.
Kassel
Germaniastraße 12 · Ruf 3787

Spezialunternehmen für Entrostung und Anstrich
von
Fernleitungseisengittermasten,
Freiluft-Schaltanlagen,
Funk- und Fördertürmen,
Brücken und sämtl. Eisenkonstruktionen

GEGR. 1920



Versandfertige Öltransformator n. 1000 kVA

STARKSTROM-GERÄTEBAU

G. m. b. H.

REGENSBURG

BURGWEINTING

Öltransformatoren
bis 1600 kVA

Neubau - Umwicklung - Um-
schaltung - Reparaturen
bis 2000 kVA

Trockentransformatoren
Spezialtransformatoren aller Art

Hebeltrennschalter

Schubtrennschalter

Sicherungstrennschalter

Schubtrennschalter
mit angeb. Sicherungshock

Armierte Porzellane

Motorenreparatur bis 1000 kW

Neu- und Umwicklung

Hochspannungssicherungen

FERNMELDETECHNISCHE ZEITSCHRIFT FTZ

Herausgeber: Dipl.-Ing. WOSNIK,
Düsseldorf

Schriftleiter: Dipl.-Ing. H. BORNE-
MANN, Frankfurt / Main

Dr.-Ing. R. FÜHRER, München

Dr.-Ing. J. GROSZKOPF,
Darmstadt

Prof. Dr. H. MEINKE, München

Dipl.-Ing. Dr. H. RINDFLEISCH
Hamburg

Die FTZ ist das Zentralblatt für die elek-
trische Nachrichtentechnik und ihre Grenz-
gebiete und wird vom VDE als Ergänzung
zur ETZ nach der Fernmelde- und Hoch-
frequenzseite hin gefördert.

Sie bringt Original- und Überblickaufsätze
und Referate über die in- und ausländi-
sche Buch- und Zeitschriftenliteratur. Be-
handelt werden die drahtgebundene und
die drahtlose Technik, einschlägige physi-
kalische Grundlagen und Vorgänge, Ge-
räte, Bauteile und Werkstoffe, elektro-
akustische Fragen und Geräte, Meßeinrich-
tungen und -verfahren, Netzgestaltung und
Wirtschaftlichkeitsfragen, neuere Anwen-
dungen unserer Technik in anderen Ar-
beitsgebieten u. a. m. Ergänzt werden die
Abhandlungen durch Berichte über inter-
nationale Konferenzen u. Vereinbarungen,
über Fernmeldebetrieb und -wirtschaft im
In- und Auslande, über Vorgänge im VDE,
an Hochschulen und Instituten und im
üblichen Rahmen über Persönliches.

Unter den Autoren der FTZ befinden sich
Verfasser anerkannter Fachbücher und be-
kannte Fachgenossen aus den Kreisen der
Hochschullehrer, aus der Industrie und
von der Post. Dazu bieten die Persönlich-
keiten der Schriftleiter Gewähr für Fort-
führung der bisher bereits sehr erfolg-
reichen Arbeit der FTZ.

Monatlich erscheint 1 Heft mit 48 Seiten. Preis
7,— DM je Quartal, für VDE-Mitglieder bei
Bestellung über ihre Vereinigung 6,— DM.
Sonstige Bestellungen bei der Post, beim Verlag
oder Buchhandel.

Verlag Friedr. Vieweg & Sohn
Braunschweig, Burgplatz 1

Elektro-, Isolier-, Kunst- und
Werkstoffe



Anker-Wickelmaterial,
Dynamodrähte, Kollektoren

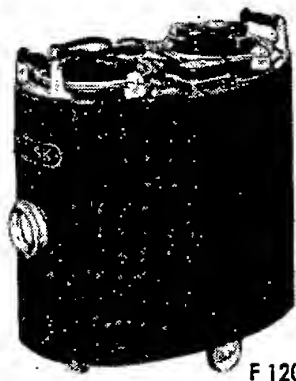


für
Licht-
Kraft-
Schweiss-
Prüf-
Zwecke

Elektromotoren- u. Transformatorenfabrik

ELMOWA ^{GM}_{BH} **OLPE** (Westf.)

NILFISK Industrie-Staubsauger



F 120

Type F 120 mit 2 Motoren
Type T 150 mit 3 Motoren

**die bewährten Geräte
zur Reinigung Ihrer
Werkhallen und Maschinen**

NILFISK-GESELLSCHAFT · HAMBURG 1

SCHAUENBURGER STRASSE 15 · RUF 33 04 41



unser **fabrikationsprogramm:**

Installations- u. Sicherungsmaterial,
Hochleistungssicherungen, Sockel-, Element-,
Schraubautomaten, Hebelschalter, Walzenschalter,
Paketschalter, Motorschutzschalter, gekapselte
Steckvorrichtungen, Hausanschlußkasten, Selbstschalter
mit Übersstrom- und Kurzschlußauslösung, Öl selbstschalter,
Luft- u. Öl-Schütze, Steuergeräte aller Art, Hochspannungs-Stützer,
-Durchführungen u. -Sicherungen, Trennschalter und Lasttrennschalter,
Hochspannungsleistungsschalter, Öl Schaltkasten u. Ringkabelfelder,
Steuerquittierschalter u. sonstiges Zubehör zu Hochspannungsschaltanlagen,
Blechgekapselte Hochspannungsanlagen, Gußgekapselte Verteilungs- und Schaltanlagen für
Niederspannung, Schützensteuerungsschränke, Komplette Schaltanlagen für
Niederspannung u. Hochspannung in Innenraum- u. Freiluftausführung.

VOIGT & HAEFFNER AG FRANKFURT MAIN

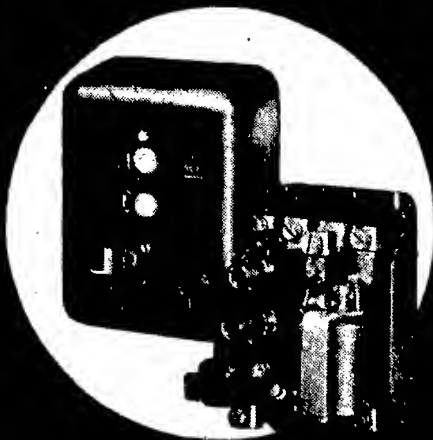
RHEINISCHE DRAHT- UND KABELWERKE

G · M · B · H

KÖLN - RIEHL

STARKSTROMKABEL · FERNMELDEKABEL · ISOLIERTE LEITUNGEN

TRENNSCHUTZSCHALTER

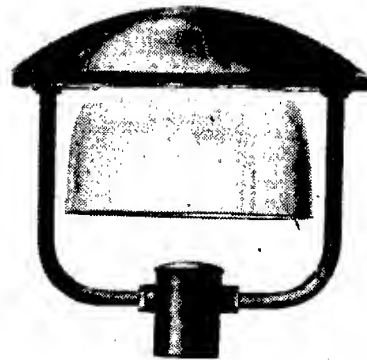


mit RWE-Heinisch-Riedl
Fehlertensionauslöser
Neuartiger Montagesockel
gestattet Anschlussmöglich-
keit nach allen Richtungen
Lieferung über den Großhandel

GEBR. FREDE K.G.

ELEKTROFABRIK · WESTKIRCHEN i. W.

*30 Jahre
PuS-Leuchten
Kabelgarnituren*

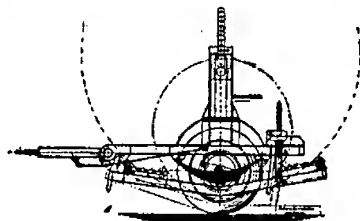


Pötter & Schütze KG.

Elektrotechnische Fabrik

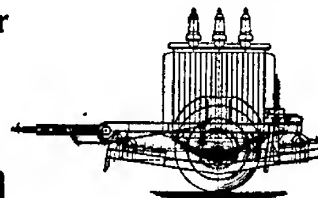
ESSEN - RELLINGHAUSEN

Tel.: Essen 51551 / 52



Unser kombinierter

**Kabel-, Trafo-
und Mastenwagen**



senkt die einschlägigen Kosten um 50%

CONRAD MÖLLER, Fahrzeugfabrik

KONSTANZ
Schubertstraße 2

RUPPERT
ELEKTRO ISOLIER WAHN INDUSTRIE WAHN
WILHELM RUPPERT
WAHN · RHL D

Aus unserem Fabrikationsprogramm:

RUPMEX **RUWANOL** **RUWAFIL**
Magneteisenschicht Dillackdrähte synth. Lackdrähte

RUWAZELL **RUWATEX** **RUWAFLEX**
Hartpapier Hartgewebe Isolierschläuche

SCHALTDRAHTE **SCHALTLEITEN**
Schaltdrähte und Litzen
mit lackiertem Gewebe
oder Kunststoff-Isolation

Preise auf Anfrage

H&B

Die verantwortungsbewussten

MESSINSTRUMENTE

HARTMANN & BRAUN AG FRANKFURT/MAIN

KABELWERK REINSHAGEN

G. M. B. H.

WUPPERTAL-RONSDORF



ISOLIERTE LEITUNGEN
SCHWACHSTROMKABEL
STARKSTROMKABEL

MIT DEM

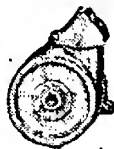
ROSA-LEITFADEN

Geb. **Hannemann** ^{et Co.} _{G.m.b.H.}
Düren/Rhld **512**



Material für Freileitungs- und Ortsnetzbau

Isolatorenstützen aller Art, Freileitungssicherungen und Trennschalter



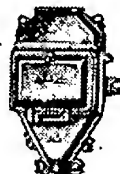
Straßenüberspannungen

Winden, Kontaktkupplungen, Spannschlösser, Wandarme und Ausleger



Guß-Leuchten

für Innen- u. Außenbeleuchtung, Straßenleuchten



Kabelgarnituren

Muffen, Endverschlüsse für Hoch- und Niederspannung, Zubehör

Hausanschlußkästen Übergangskästen

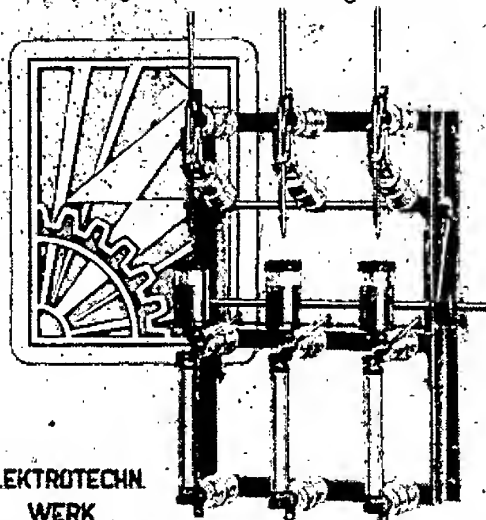
Sicherungs- und Einbaukästen

Glasseide für Drahtumspinnung Glasseidenbänder Glasseidenbreitgewebe Glasseidenhohlschläuche

aus alkalifreiem Spezialglas liefert
prompt an Werke der Elektro-
Industrie

Textilglas-Verkaufsbüro
Düsseldorf - Gerresheim

Dreipoliger ölarmen
Leistungs-Trennsicherungsschalter

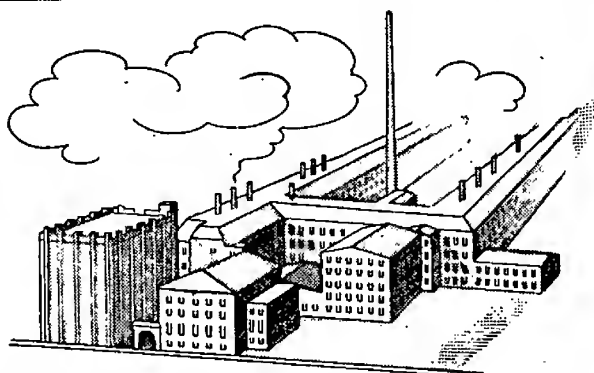


ELEKTROTECHN.
WERK

FRITZ DRIESCHER JR.
MOOSBURG/OBB.



Rosen~~X~~thal
RIG



ROSENTHAL- ISOLATOREN - G.m.b.H.

SELB- BAYERN- GERMANY

Wir liefern in bester Ausführung:

Hochspannungs-Freileitungs-Isolatoren

Hochspannungs-Stations-Porzellane

Niederspannungs-Isolatoren

Presserei- und technische Porzellane

Widerstände aller Art und für alle Zwecke

Keramische Kondensatoren, Sondermassen



TRANSFORMATOREN

seit 25 Jahren ein Begriff für Zuverlässigkeit und Qualität

Leistungstransformatoren
bis **16 000 kVA** nach DIN

Spezialtransformatoren

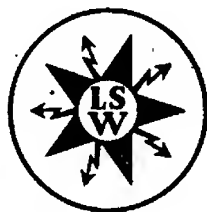
Regeltransformatoren

Drosselspulen

Trockentransformatoren

Reparatur aller Fabrikate

FRANKFURTER TRANSFORMATOREN FABRIK M. TOPP & CO
OBERURSEL TS



**Starkstromkabel
Schwachstromkabel
Isolierte Leitungen**

LAND- UND SEEKABELWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
KÖLN-NIPPES



Gottfried Hagen
AKTIENGESELLSCHAFT
Abt. Kölner Akkumulatoren - Werke

Wir liefern seit 60 Jahren

ortsfeste Batterien
für jeden Verwendungszweck
Antriebsbatterien
für Elektrofahrzeuge jeder Art
Licht- und Anlaßbatterien
für Kraftfahrzeuge
Nickel - Cadmium - Batterien
jeder Leistung.



**ELEKTRISCHE
AUSRÜSTUNGEN**

für

**BAHNANLAGEN
KRANANLAGEN
ARBEITSMASCHINEN**

THEODOR KIEPE
DÜSSELDORF-REISHOLZ
ELEKTROTECHNISCHE FABRIK



C. SCHNIEWINDT KG.
ELEKTROTECHNISCHE SPEZIALFABRIK
NEUENRADE (WESTF.)

Fabrikationsprogramm

- I) Elektr. Heiz- u. Widerstandsgewebe
Elektr. Heiz- u. Widerstandskordel
- IIa) Widerstände aller Arten
Spezialität: Gitterwiderstände
- b) Elektrowärmegeräte
Heizkörper und Heizvorrichtungen
für industrielle Betriebseinrichtungen
- IIIa) Befestigungsmaterial für die elek-
trische Installation, das Telegrafien-
und Fernsprech-Bauwesen usw.
- b) Antennen einschließlich UKW und
sämtliches abgeschirmte Radio-
material



BUMIX
Mischlicht
MODERN-WIRTSCHAFTLICH

ONDULA S 420/60°
für Arbeitsräume in Shedbauten
Außenbeleuchtung, Anstrahlung

→ **BUMIX-Mischlicht GmbH., Geislingen (Steige)**

BUMIX-Mischlicht-Lampen in den dazu gehörenden BUMIX-Leuchten ergeben:

Tageslicht-ähnliches Licht die Mischung der Lichtausstrahlung von Glühwendel und Quecksilberdampf-Hochdruckstrecke ergibt Licht wie bei Tage

Plastisches Licht nur Punktlcht gestattet deutliches, plastisches Erkennen der Gegenstände wie bei Tage

Flimmerfreies Licht die Parallelschaltung der zwei Lichtquellen kompensiert die Flimmerwirkung des Quecksilberdampflichtes

Betriebssicheres Licht gegen Schalthäufigkeit, Außentemperatur, Spannungsschwankungen und Erschütterungen

Wirtschaftliches Licht 30% höhere Lichtausbeute als Glühlampen, daher weniger Stromkosten. Durchschnittliche Lebensdauer 5-6000 Brennstunden.

Verlangen Sie Katalog und Anschrift der nächst gelegenen Vertretung.



*Langjährige Erfahrungen
Tüchtige Fachkräfte
Laufende Überprüfungen
vom Rohmaterial
bis zum Fertigerzeugnis*

gewährleisten gleichbleibende Güte unserer Geräte

BUSCH-JAEGER LÜDENSCHIEDER METALLWERKE

A K T I E N G E S E L L S C H A F T L Ü D E N S C H I E D

ELEKTRISCHE UHREN



Hauptuhren und Nebenuhren vom Netz unabhängig
Signaluhren für Fabriken, Läutewerke usw. fertigt

C. THEOD. WAGNER AG. WIESBADEN 1
Älteste Spezialfabrik elektrischer Uhren



Elektrotechnische Industrie
Gustav Giersiepen
Radevormwald (Rhld.)

Hersteller von:

Installationsmaterial

wie

Schalter, Steckdosen,
Licht- und Klingeldrucker
In Aufputz und Unterputz
auch für sämtliche
Kombinationen

Seit über 50 Jahren

STEINERT MAGNETE

Separationsmagnete

wie z. B.

Magnettrommeln
Magnet. Transportband-
Umlenkwalzen
Magnet. Schlacken-Separatoren
Separations und Eisen-
rückgewinnungsanlagen

Ferner

Lasthebemagnete
Magnetspulen
Magnet. Spannplatten
Magnet. Spannfutter

und

Reparatur aller Arten von gleich-
stromgespeisten Industriemagneten

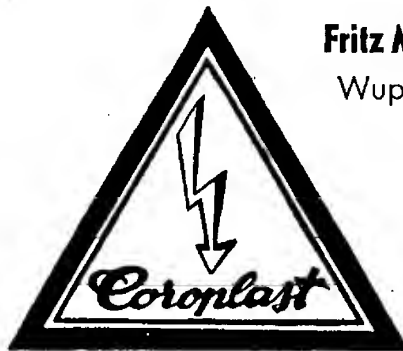
STEINERT ELEKTROMAGNETBAU
Köln-Braunfeld, Widdersdorfer Str. 329

Holzindustrie - Werke Josef Benz

AKTIENGESELLSCHAFT
LOFFINGEN

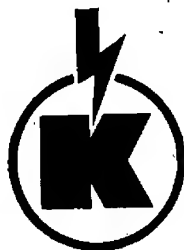
liefert

Kyanmasten in allen Abmessungen
aus dem Hochschwarzwald



Fritz Müller K. G.
Wuppertal - N.

**Kabel-
und
Kunststoff-
werk**



C. W. KEHRS & CO., G. M. B. H.

Elektrotechnische Spezialfabrik

KETTWIG (RUHR)

Wir liefern:

Oberirdische Kabelverteiler für Hoch- und Niederspannung aus Stahl und Beton

Schaltgeräte für Hoch- und Niederspannung wie:

Trennschalter (1- und 3-polig) mit Zubehör für Innenräume bis 30kV

Griffsicherungen verschiedener Systeme

Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherungen Typ N und Nk, bis 600A, für 500 und 750 V

Kabelschuhe und Kabelklemmen

Kabelschießgerät zum Kurzschließen von Kabeln

Gegr.



1912

Unser Fabrikationsprogramm:

Öl-Transformatoren

bis 20000 kVA bei 60 kV mit und ohne Spannungsregelschaltwerk

Gleichrichter-Transformatoren · Trocken-Transformatoren

Drosselspulen · Kleintransformatoren
für alle Spezialzwecke

Schweiß-Transformatoren

VOLTA-WERKE

ELEKTRICITÄTS-AKTIEN-GESELLSCHAFT Berlin-Waidmannslust



**Elektrische Anlagen jeder Art
Fabrikation von Beleuchtungskörper
für Leuchtstoffröhren
Leuchttransparente
Eufra-Therm-Induktions-
durchlauferhitzer
Elektrische Heißwasserspeicher**

**Elektro-Union
Elektro-Ing. Karl Michel
Frankfurt/Main - Hausen
Industrie- Hof, Straße 7, Bau J
Telefon 7 26 61 und 7 27 72**



Licht & Kraft

Reutlingen und Eningen u. A. / Württ.

Fabrikation:

Hoch- und Niederspannungs-Schaltan-
lagen jeder Art und Größe,

Blech- u. gußgekapelte Schaltanlagen,
Licht- und Kraftverteilungskasten,

Steuer- und Signaltafeln für Auf- und
Unterputz-Montage.

Reparaturwerk:

Reparatur von Motoren, Generatoren u.
Transformatoren jeder Art und Größe.

25 Jahre **AUGUST RUMPF** (VDI)
Oberingenieur



Fabrikation von elektrischen Appa-
raten, Stromzuführungsmaterial für
Transport-, Bahn- und Obus-Anlagen

Stromabnehmer · Draht- und Schienenaufhän-
gungen · Grubenisolatoren · Abspannmateri-
alien für Schleifleitungen · Schleifringkörper
für Krane · Drehscheiben und Drehbühnen
Kabeltrommeln · Oberleitungsmaterialien für
elektrische Bahnen · Obus-Anlagen · Krane
und Laufkatzen · Kittlose Einheitsisolatoren

Wiesbaden, Steingasse 1 · Tel. 24 430

Glimmer

in allen Größen u. Qualitäten

Glimmer-Stanzteile Eig. Werkzeugmacherei

MIKANIT, Mikanit-Stanzteile, Mikafolium,
Glimmermehl

POSSEHL GmbH., Abt. Glimmerwarenfabrik
Hamburg 11, Steinhöft 11

Elektrische
HELIOS
Einbau-Heizkörper
für Gewerbe u. Industrie
verbürgen Zuverlässigkeit u. lange Lebensdauer
Fordern Sie bitte unsere Unterlagen
ELEKTRISCHE WIDERSTÄNDE-U.HEIZKÖRPERFABRIK
HELIOS GMBH
NEUENRADE I.W.

SCHILDKRÖTE
HUBWAGEN
STAPLER



ERNST WAGNER
APPARATEBAU
REUTLINGEN (WÜRTTEMBERG)

WIDERSTANDS-LEGIERUNGEN
MANGANIN | **ISABELLIN**
für Meßinstrumente
Spez. Widerstand 0.43 Ohm/m/qmm
Temperatur-Koeffizient:
plus/minus 0.00001
Thermokraft gegen Kupfer:
+ 1 Mikrovolt pro Grad C
für Technische Widerstände
Spez. Widerstand 0.50 Ohm/m/qmm
Temperatur-Koeffizient:
minus oder plus 0.00002
Spez. Gewicht 7.9 oder 8.5
nickelfrei oder nickelhaltig



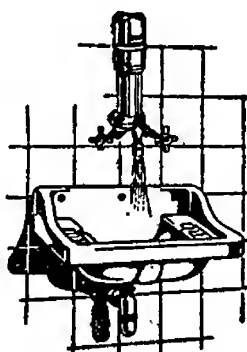
ISABELLEN-HÜTTE
HEUSLER K.-G.
(16) DILLENBURG



- Stahlakkumulatoren
GmbH.

Stahl- u. Bleiakkumulatoren-Fabriken
Berlin - Steglitz, Nicolaistr. 2-6
Hamburg 13, Bogenstraße 45

Handlampen
Scheinwerfer



„HUS“

Automatische
elektrische Schnell-
Heißwasser-
apparate

Hinkel & Sohn GmbH.
(16) Frankfurt a. M.
Neue Mainzer Straße 14-16
Fernr.-Sammel-Nr. 9 1277

Käufe laufend

ausgebaute intakte und defekte

Gleichstrom
Motoren

und

Gleichstrom
Dynamos

MOTOREN-GROSSHANDEL

Max Munz, (14 a) Göppingen

Hauptstraße 22 — Postfach 86

BLEICHERT -

TRANSPORTANLAGEN GMBH

„WESTDEUTSCHLAND“

KÖLN

Brandenburger Straße 2

liefert wieder

BLEICHERT-Transportanlagen

BLEICHERT-Elektrokarren

und Ersatzteile dafür

stellt Ingenieure — Monteure

Südd. Elektrowärme

J. Gottfreund

Ulm / Donau Tel. 39 39

Spezialität:

Elektrische Heizkissen

Marke »**SEW**«



DELBAG

DELBAG-LUFTFILTER GmbH

BERLIN-HALENSEE • FERNRUF 977676
DÜSSELDORF-HEERDT • AMT NEUSS 2105

LUFTFILTER

für Industrie • Hygiene • Fahrzeuge



Aus unserem Fabrikations-Programm

Kontakte aus edlen Metallen und Spezialwerkstoffen

Kontaktbimetall mit eingeschweißten Edelmetallbahnen

Profile und Rohre aus Kontaktbimetall

Sonderbronze mit hohem Leitwert für Kontaktzwecke

Thermo-Bimetall für höchste Ansprüche

Manteldrähte für Einschmelzzwecke,

Vacuumtechnik und andere Anwendungsgebiete

Drähte und Bänder für Schmelzsicherungen

Präzisionsrohre, Federrohre, Kapillarrohre

Nahtlose Thermometerrohre mit Erweiterung

Profilierte Rohre und Drähte

Schweißplattierte Rohre und Drähte

Silberlote für jeden Zweck

Phönix-Klemmen

Langjährig und vielseitig bewährtes Reihenklemmen-System für Kraftwerke, Schaltanlagen, Umspannwerke, Umformerstationen und Industriesteuerungen. Lieferung prompt und gegebenenfalls auch in Spezialausführungen. Regelbauart jetzt mit Höchstwertisolation durch Kriechstrom-Doppelschranke (besonders für Betriebe mit starker Staubablagerung oder chemischer Einwirkung aus der Luft, für Einbau in Freiluftanlagen und andere, die Isolation hoch beanspruchende Verwendungsgebiete). Ferner mit Einheits-Tragschiene (gemäß FNE-Beschluß) und anderen wertvollen Eigenschaften. Verlangen Sie Listen, Vertreter- oder Spezialistenbesuch. Wir beraten Sie gerne und kostenlos.

Phönix-Elektrizitätsgesellschaft

H. Knümann & Co., Essen

Postfach 738

KWR

Metallwerkserzeugnisse

Blanke Drähte

Lackdrähte

Isolierte Leitungen

Schwere Leitungstrossen

Bleikabel

Kabelgarnituren

Kabelmontagen

KABELWERK RHEYDT AKT.-GES., RHEYDT

Isolierstoff - Anreih - Klemmen

Bauart Staffel

abbrekbare Klemmenleisten

Spezialklemmen

nach Muster oder Zeichnung

C. A. WEIDMÜLLER

Berlebeck bei Detmold

Generalvertretg. A. Staffel, Königswinter/Rh.

Zählapparate

für Leistungskontrolle aller Art, wie Hub-,
Stück- u. Meterzähler, Windungszähler mit u.
ohne Abschaltung, elektr. Fern- u. Spezialzähler

J. HENGSTLER, Komm.-Ges.
Zählerfabrik

(14b) Aldingen b. Spaichingen 40



EBOLICHT

Leuchten - Reflektoren

BOLICHWERKE

BRUCHSAL u. ODENHEIM (BADEN)

*Metall- u. Emaillierverk
für das Beleuchtungsfach*

Der kolbenlose

Wasserstoff-Motor

System Ing. Kreider

Modellzeichnung m. Berechnung
gegen Nachnahme DM 5,20

Mitarbeiter gesucht

Ing. Kreider, Niederhof (17b)

Benedict & Dannheisser

G. m. b. H.

Nürnberg 30

Äußere Bayreuther Straße 48

Spezialfabrik

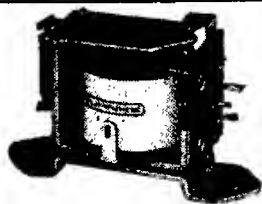
*für Fernmeldeschnüre und Schwach-
stromleitungen*

ELISENTAL

Kupferlackdrähte Widerstandsdrähte



DRAHTWERK ELISENTAL
Inh. W. Erdmann
(21b) Neuenrade i. Westf.



RELAIS Kelloggschalter
Transformatoren
Spannungsgleichhalter

H. KUHNKE Elektrotechnische Fabrik GmbH.
(24b) MALENTE / Holstein

**BEWAHRTE
ELEKTRIZITÄTSZÄHLER**

**DEUTSCHE ZÄHLER-GES.
NACHF. A. STEPPER-GE.
HAMBURG-ZL**

DYNOS



**ELEKTRO-
WARMLUFT-OFEN**
Das neue Heizgerät

Keine glühenden Teile
Saubere
und wirtschaftliche
Druckschrift
und Lieferung

A. Jaroljmeck

München 8, Orleansstr. 55

Koch & Winter

Lüdenscheid, Heedfelderstraße 49

Telefon 20 90

Herstellung von:

Heizkissenschaltern, Wand-
steckern, Thermostaten u. Federn
aller Art für die Elektrotechnik.



AEG MESSWESEN

Meßwandler-
Prüfeinrichtung

Wir liefern:

Elektrische Feinmeßgeräte und Einrichtungen
Elektrische Schalttafel- und Betriebsmeßgeräte
Wärmetechnische Meßgeräte u. Überwachungsanlagen
Schutzrelais und Hilfsrelais · Spannungsregler

ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS - GESELLSCHAFT

5298

Translation

TC-39047

CC/R-II

German

00-B-36904

REPORT ON THE
ANNUAL CONVENTION OF THE
ASSOCIATION OF GERMAN ELECTRO-TECHNICIANS
AT HANNOVER IN JUNE 1951

Prepared by Dr. Heinrich Viehmann

Frankfort on the Main, June 20, 1951

Report on the annual convention of
the Association of German Electro-Technicians
at Hannover from June 11 to 16, 1951.

Contents

I. General remarks

II. Principal address by Prof. Küpfmüller.

III. Technical reports, general remarks and topics.

IV. Contents of the principal address by Prof. Küpfmüller.

V. Contents of the technical reports on the elimination of interference,
high-frequency practice, and electro-acoustics.

VI. Enclosures (in separate folder).

I. General remarks

Approximately 2,000 people, almost exclusively from the Federal Republic and western Berlin, participated at the convention. This equals about 1/3 of the members of the Association of German Electro-Technicians.

The scientific part of the convention consisted of the principal address and the technical reports.

II. Principal address by Prof. Dr. Engineer Karl Küpfmüller, technical director of the C. Lorenz A.G., Stuttgart, on: "The technology of electric signal communications."

The text of the address will be published in the "Elektrotechnische Zeitung" (Electro-technical Journal), probably in the issue appearing on July 15. This issue will be furnished later.

III. Technical reports, general comments and topics.

The following is a list of the subjects of the technical reports arranged according to technical groups.

The contents of the technical reports on the elimination of interferences, high-frequency practice, and electro-acoustics will be given briefly under V.

Most of the technical reports originated with the representatives of manufacturing concerns on relatively new products manufactured by them. Most of these products are already known and have been described in catalogs or in the literature. Hence, the scientific significance of the technical reports is minor in most cases. Still, these reports should be important for the instruction of specialists and for establishing relations with specialists working in other fields.

1. Group A: Electric machines.

Introduction: Prof. Dr. E. Kübler, Blaubeuren.

- 1.1 W. Leukert, Erlangen - "Effectiveness and model utilization in connection with hydrogen-cooled machines."
- 1.2 H. Happoldt, Mannheim - "The economy of hydrogen-cooled generators in 50-cycle networks."
- 1.3 Moldenhauer, Berlin - "Hydrogen-cooling of electric machines."

2. Group B: Switching installations and networks.

Introduction: R. Mestermann, Hannover.

- 2.1 K. Reiske, Erlangen - "Enclosed switching installations, their limitations and their field of employment."
- 2.2 G. Meiners, Berlin - "New techniques in the construction of switching installations."
- 2.3 U. Fischer, Berlin - "Analysis and synthesis of the processes associated with the switching-off of no-load high-tension lines."

3. Group C I: Cables.

Introduction: Prof. Dr. W. Vogel, Cologne.

- 3.1 O. Gasser, Erlangen - "Investigation of high-tension cables with particular reference to service stress."

-3-

3.2 W. Clausnitzer, Cologne - "Aluminum sheaths on power cables for low and high voltages."

3.3 Andresen, Hannover - "On a new leadless cable sheath."

4. Group C II: Insulators.

Introduction: Prof. Dr. P. Böning, Porz on Rhine.

4.1 H. Läßle, Berlin - "The measurement and shaping of floor insulators."

4.2 K. Schaudinn, Hohenbrunn - "Large porcelain supports with sealed-off interior for high-voltage installations."

4.3 H. Dorn, Lauf - "Metallization of ceramic mould parts for brazing or multiple soft soldering."

5. Group D: Switching devices and overvoltage protection.

Introduction: Director Weber, Berlin.

5.1 Möller, Heidelberg - "Short-circuit-proof safety switch for motors."

5.2 G. Kirch, Berlin - "New structural forms for expansion circuit-breakers."

5.3 F. Parschalk, Mannheim - "Overvoltage discharge gap in connection with the insulation coordination of high-voltage installations."

6. Group E: Drives and lighting.

Introduction: Dr. Engineer W. Krämer, Frondenberg on the Ruhr.

6.1 G. Lemcke, Mannheim - "Development and state of the art of electric conveying ~~systems~~ for mines."

6.2 H. Jordan, Berlin - "Electromagnetic oscillation drives."

6.3 C. H. Sturm, Eberbach - "Connecting devices for low-voltage fluorescent lamps."

7. Group F I: Electric heat.

Introduction: H. Masukowitz, Frankfurt on Main.

7.1 W. Sorgensicht, Langenberg - "Inductive heating."

7.2 Kaufmann, Berlin - "New developments in the field of high-frequency induction machines."

7.3 F. Walter, Berlin - "Employment of high-power electric energy in electro-thermics and electro-chemistry."

-4-

8. Group F II: Electric heating.

Introduction: Prof. Dr. Eng. H. Müller, Langenberg, Rhineland.

8.1 T.V. Hauteville, Stuttgart - "The thermal impulse process."

8.2 K. H. Brokmeier, Dortmund - "Possibilities of investigating models in thermal conductivity research."

8.3 H. Rademacher, Essen - "Possible erroneous measurements of the consumption of electrode-type continuous heaters."

9. Group G: Control and regulation.

Introduction: Prof. Dr. Eng. G. Lesch, Karlsruhe.

9.1 W. Schilling, Wolfenbüttel - "Transducers."

9.2 Curion, Erlangen - "Progress in the automatic control of water power plants."

9.3 Förster, Berlin - "New method of controlling a reversible drive fed by a converter."

10. Group H: Telecommunication in power installations.

Introduction: Prof. Dr. Eng. W. Bader, Stuttgart.

10.1 A. Dennhardt, Hannover - "Trend in the development of operational telecommunication in the electricity supply industry."

10.2 De Quervain, Mannheim - "Carrier-frequency transmission along high-tension lines according to the single side-band method and its multiple utilization."

10.3 Blum, Berlin - "Remote control in power-line networks by the ^{im}superposition of audio-frequency impulses."

11. Group J: Elimination of interference.

Introduction Dr. Eng. W. Scholz, Darmstadt.

11.1 Nowak, Hannover - "Mutual influence of receivers in ultrashort-wave frequency modulation." (With demonstrations).

11.2 W. Kebbel, Erlangen - "Elimination of interference and frequency stabilization in medical high-frequency equipment."

-5-

- 11.3 K. Volk, Stuttgart - "Extent of the elimination of interference resulting from the spark plugs of motor vehicles in AM and FM reception. Elimination of interference through the use of spark plugs and distributor arms of low interfering ability."

12. Group K I: Wire telecommunication.

Introduction: Ministerial counsellor Dr. H. Düll, Darmstadt.

- 12.1 D. Thierbach, Munich - "The carrier-frequency systems in telephony."
 12.2 P. Oehlen, Cologne - "Carrier-frequency engineering invades the telephony group."
 12.3 F. Heitzmann, Mannheim - "New types of insulation for low- and high-frequency telephone cables and lines."

13. Group K II: Wire telecommunication.

Introduction: Prof. Eng. H. Schönfeld, Hannover.

- 13.1 A. Mehli, Stuttgart - "Solutions in dial telephony and their degree of freedom."
 13.2 M. Hebel, Hechendorf - "Incorporation of manually operated telecommunication into a future dial system."
 13.3 R. Zimmermann, Munich - "The Siemens-Hell telegraphic recorder."

14. Group L I: High-frequency engineering.

Introduction: Prof. Dr. H.H. Meinke, Munich.

- 14.1 W. Nestel, Hamburg - "New developments in radio broadcasting."
 14.2 H. Rothe, Ulm - "Tube problems resulting from the introduction of ultrashort-wave radio transmission."
 14.3 W. Klopfer, Pforzheim - "The high-frequency ^{systems} ~~transmission~~ of overseas radio telephony."

15. Group L II: High-frequency engineering.

Introduction: Prof. Dr. G. Leithäuser, Berlin.

- 15.1 R. Urtel, Pforzheim - "Deflection in television."
 15.2 R. Bredner, Pforzheim - "Measuring instruments for television receivers."

- 15.3 K. Schmid, Pforzheim - "Behavior of detectors in the field of decimeter waves." (With demonstration).

16. Group L III: High-frequency engineering.

Introduction: Prof. Dr. F. W. Gundlach, Darmstadt.

- 16.1 K. O. Schmidt, Darmstadt; H. Werrmann, Berlin - "The planning of

~~directional radio communications.~~ *relay systems*

- 16.2 H. Holzwarth, Munich; G. Ulbricht, Ulm - ~~Directional Radio~~ *relay systems*

~~with pulse-phase modulation.~~

- 16.3 W. Berndt, Berlin; H. Bosse, Stuttgart; W. Klopfer, Pforzheim -

"Antennas for ultrashort-wave and ~~directional radio~~ *relay systems.*"

17. Group M I: Measuring devices.

Introduction: Dr. Eng. H. Toeller, Frankfurt o.M.

- 17.1 W. Thal, Karlsruhe - "New micrometers and precision instruments

for direct and alternating current."

- 17.2 J. Richter, Erlangen - "The compensation amplifier - a new photoelectric cell compensator."

- 17.3 H. Wechsung, Frankfurt o.M. - "Measuring defects in cables by means of high frequencies."

18. Group M II: Measuring devices.

Introduction: Dr. Eng. K. Schmiedel, Nuremberg.

- 18.1 H. Edler, Neuhaus - "Significance of storage and friction in

connection with modern electric meters for motors."

- 18.2 H. Grosse-Brauckmann, Berlin - "Contact-controlled meters and rate devices."

- 18.3 R. Bauer, Nuremberg - "Progress in the construction of dry voltage transformers."

19. Group M III: Measuring devices.

Introduction: Prof. Dr. Eng. F. Moeller, Braunschweig.

- 19.1 P. Boning, Porz on the Rhine - "Taking small amounts of power from

a-c lines for measuring purposes and for feeding telephone equipment."

-7-

19.2 v. Ferroni, Berlin - "Progress in the field of multiple electron-beam oscillograph practice."

19.3 W. Denecke, Braunschweig - "New methods of measuring phase angles and frequencies."

20. Group N: Electro-physics and electro-acoustics.

Introduction: Dr. F.A. Fischer, Darmstadt.

20.1 Th. Wasserrab, Mannheim - "Progress in the investigation of ~~converter~~ converter gas discharges."

20.2 Dr. P. Wenk, Erlangen - "The soldering of aluminum ~~with~~ with ultra-sound waves."

20.3 H. Kösters, Hamburg, - "Methods of producing an artificial ~~reverberation~~ reverberation."

The full text of the reports and the discussions are to be available in print ~~in August~~ during the month of August. Printed copies have been ordered and will be furnished in due course.

In the meantime, the Electro-technical Journal of July 15 will bring the text of the address by Prof. Küpfmüller as well as a review of the contents of the reports.

Contrary to the custom followed ~~for~~ ^{at} earlier annual conventions, no summaries of the contents of the various technical reports will be distributed this year.

IV. Contents of the principal address by Prof. Küpfmüller

on the topic

"The technology of electric signal communications."

During the 100 years of its existence -- the first large electric telegraph ~~system~~ ^{system} between Berlin and Frankfort on the Main as well as between Berlin and Cologne, started operation in 1851 -- ~~the~~ communication technology has been in uninterrupted development, and its fields of employment have become increasingly manifold. The speaker discussed briefly the various fields of employment, such as telegraphy, telephony, sound transmission by radio and loudspeaker systems, telephotography, television, remote control systems, telemetering, and remote regulating systems. The frequency band and the volume range play a decisive part in meeting the requirements of the transmission channel in accordance with the use to which it is put. These requirements were explained by means of interesting examples. The strongest impulse for ~~the~~ development ~~of the art~~ stemmed from the introduction of the amplifier tube. Among the numerous other inventions, particular importance is assumed by the modulation methods. This holds true particularly for the single side-band modulation and, more recently, for the pulse modulation. The latest modulation methods are non-sensitive against ~~and~~ inaccuracies, variations, interference currents on the transmission channel. However, in exchange they require a broad frequency band for the transmission of the impulses.

The principal component of the communication networks ^{is} still represented by the conductors, particularly subterranean cables. In this respect, many international standards are already available. The necessity of always creating better ways of communication at a minimum of expenditure has resulted in an ever increasing utilization of conductors with carrier-frequency channels. ~~for~~ ^{is} instance, the creation of a plurality of telephone circuits on one line, each of which in turn ~~can~~ can be divided into 24 telegraph channels or a corresponding plurality of remote-control signals. Channels for the transmission of pictures and facsimile at a speed of about 1 dm² a minute are likewise ~~in existence~~ ^{in existence}.

-9-

and very reliable; so ~~transmission~~ is also the transmission of wide bands for television purposes. The speaker points to the "V 60" system, developed by the German Federal Post Office Department in conjunction with the firms AEG, F & G, M & G and S & H, as one of the most modern ^{cable} communication systems. ~~by means of cables~~. In this system it is possible to establish in a telephone double line with cable conductors 1.2-mm. thick 60 telephone circuits for extremely long distances. Remarkable is also the ~~needed~~ extraordinary saving of space afforded by the equipment -- a very important economic factor in view of the pronounced expansion of communication facilities. With cables of special construction (coaxial cables) of the type produced in Germany even before World War II, it is possible to transmit 960 telephone circuits through a single line, in accordance with the standard which has become international. Availing himself of interesting comparisons, the speaker points out how the new developments have led to a reduction in ^{the} cost ^{of} signal communication ^{lines}.

More recently, considerable importance ~~is~~ has been assumed by radio communication, not only from the technical viewpoint but also from the point of view of extent of employment. This is due particularly to the progress made in the field of ever shorter waves. Among the large amount of work done in research and development, special attention should be called to the investigation of propagation characteristics, the use of the single side-band method, the automatic regulating systems, and the multiple utilization of a single carrier wave. In his address, the speaker then described a number of radio systems for short and micro waves (directional radio communication or ~~relay~~ lines).

In connection with the economic relationship between radio and wire communication, the speaker points out that in many cases the installation costs for radio lines are lower than for cable lines; on the other hand, the question of lowering the operating costs of a radio line calls for further development.

-10-

At the end of his address, the speaker calls attention to the fact that great progress has been made also as regards the cost of operation, thanks particularly ~~to~~ to the dial ^{system} ~~experiment~~ ~~He~~. He calls it remarkable that ~~the~~ the dial practice still lacks uniformity in the world. He also points briefly to the possibilities inherent in the new knowledge of the theory of the communication contents, according to which the communication currents are determined not only by the frequency band but also by the number of amplitude steps. This affords the possibility of ^{crowding} ~~reducing~~ / the required frequency widths close together in the transmission systems, by using the "artificial language," for instance.

Further progress in the work of development will provide additional successes in regard to cost reduction, reliability of service, speed in establishing connections, and improvement in the quality of transmission.

V. Contents of the technical reports on the elimination of interference, high-frequency techniques, and electro-acoustics.

Four technical reports covering different fields were always read simultaneously. Consequently the reporter could listen to the addresses of only one of the four technical groups. As requested, he selected the addresses on the elimination of interference, high-frequency techniques, and electro-acoustics. Their contents are given below, to the extent that the reporter considered them worth reporting.

In these technical reports frequent reference was made to developments and equipment originating in the U.S.A. It was stated that efforts are being made in Germany to catch up with the U.S.A., at least in some fields.

11. Group J: Elimination of interference. ~~What~~

The introductory speaker, Chief Post Office Dept. Counsellor Dr. Scholz of the Telecommunication Central Office of the German Federal Post Office Department at Darmstadt, emphasized the necessity of taking interference elimination measures also on the receiver side.

11.1 Report of Engineer Nowak, Telefunken, Hannover, on

"Mutual influence on receivers in connection with the ultrashort-wave frequency modulation method:"

The technical solution of this problem is easy; not so easy is the economic solution, however. To prevent radiation emanating from the receiver proper costs money. The superregenerative receiver is the worst offender in this respect. "Back-talk" is another interference possibility. This happens when a strong transmitter is being received by a neighbor and the neighbor's receiver radiates the heterodyne frequency. Broadcasting companies should therefore see to it that the field strength of local transmitters is substantially higher than that of distant transmitters. A third ~~mentioned~~ possible source of interference -- in television, for instance -- are the harmonics of the oscillator. Their radiation emanates from the antennas, the feeder, and the receiver housing. To prevent interference originating with receivers, the German receiver industry has proposed to permit at the antenna connection ~~the~~ only voltages not exceeding:

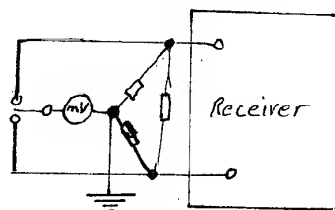
2 mV for superregenerative receivers,

200 mV for heterodyne receivers.

For the purpose of measuring, the following circuit arrangement is proposed:

~~first diagram~~
(see ~~diagram~~ on page 10 of original)

~~Empfänger = receiver~~



This measuring method provides only rough values and fails completely in the case of harmonics. A more reliable method would be to measure the field strength at a certain distance.

-12-

For the suppression of harmonics, an antenna lead-in provided with Pupin coils
~~a pupinized antenna lead-in~~
with five members,
 has been developed which has a blocking effect of 1:100. ~~which is~~

(see second diagram on page 10 of original)

The capacitance between the conductors acts as capacitance.

During the discussion, Dr. Rupp, Stuttgart, pointed out that radiation can be substantially reduced if the mixer stage is made to work in phase opposition whereas the oscillator voltage is fed in phase.

Mr. Nowak remarked that this measure would add too much to the cost of the equipment and is therefore impracticable.

Dr. Gutzmann, of the Radio-Technical Institute of Nuremberg, reported that interference resulting from the close vicinity of receivers ~~has~~ ^{has} so far not been observed, not even in tests. Consequently this type of interference can be controlled with the ~~most~~ simple means employed in the past.

11.2 Report from Dr. Kebbel, Siemens-Reinigerwerke, Erlangen,

on: "Elimination of interference and frequency stabilization in medical high-frequency apparatus."

hitherto
 Practically all cases of interference/~~reported in the past~~ were caused by short-wave therapeutical apparatus. High-frequency surgical machines and supersonic devices need not be considered as serious sources of interference. In most cases ~~they can~~ ^{easily} their influence can be suppressed.

The elimination of interference must now be effected in conformity with the High-Frequency Law which is similar to the FCC regulations in the U.S.A.

For the elimination of interference, abundant experiences are available from the U.S.A. These measures provide ~~for~~ for the insertion of

filters in the power supply; reduction of the generation, ~~and~~ ^{tuning out,}
~~reflection~~ of harmonics; frequency stabilization.

-13-

Measures that have been found satisfactory for the reduction of harmonics are: shielding of the oscillator and pure inductive balancing-out of the high frequency in the secondary circuit.

Aside from the permitted frequencies, operation is possible only in Faraday screens. The shielding effect of the screens diminishes as time goes on, however, because of oxidation of the door contacts.

During the discussion, Dr. Zumbusch, Telefunken, Dachau near Munich, talked about the elimination of interference from industrial generators. These generators ~~have~~ operate with frequencies ranging from 50 cps to 10,000 mc and power up to 100 kw. The treated materials change their resistance considerably during the treatment. Therefore, the generator must be of the single-stage and self-excited type, since such a generator adapts its frequency to the changes undergone by the material during the treatment. Screening is the only possibility of interference elimination.

Prof. Leithäuser then pointed out that a great deal can be accomplished if interference elimination is taken into account ~~at~~ at the time the erection of an industrial installation is planned.

11.3 Report by Engineer Volk, R. Bosch G.m.b.H., Stuttgart, on

"Extent of the elimination of interference resulting from the spark plugs of motor vehicles in AM and FM reception; elimination of interference through the use of spark plugs and distributor arms of low interfering ability."

If a resistor is built into both the spark plugs and the distributor arm, the range of interference in AM reception is reduced from 2,000 meters to a few meters, in FM reception from 30 meters to 3 meters with a field strength of about 0.5 mv/m of an unmodulated carrier. (The measurements

for AM reception apply to reception without carrier.) The damping through wire resistors (diameter of wire 0.02 to 0.03 mm, resistance about 10,000 ohms) is better by about 10 db than that afforded by mass resistors, inasmuch as the capacitance of wire resistors ~~is much smaller than that of mass resistors~~ relative to mass is inferior.

A good interference elimination by means of resistors in the case of FM reception can probably take the place of shielding the entire ignition system.

During the discussion, ^(Consulting) Engineer Mackh, ~~Consulting Engineer~~, Karlsruhe, recommended that wire resistors be made as thin as possible, in order to reduce their capacitance relative to mass. In regard to elimination effectiveness, a 2000-ohm wire resistor corresponds to a 10000-ohm mass resistor.

Prof. Schwenkhausen, Mining Academy Wuppertal, suggests improvement of interference elimination by making the discharge at the spark plug as steady as possible.

14. Group L I: High-frequency ~~engineering~~ technology.

The introductory speaker, Prof. Meinke, Munich, points out that high-frequency engineering in Germany is particularly deficient in the development of vacuum tubes. At present, only foreign types are being constructed under license agreements. During World War II, also, Germany was farthest behind in the development of tubes. Furthermore, the German high-frequency laboratories lack the necessary means. For instance, whereas a U.S. laboratory, in which he worked for six ~~months~~ months and which ^{employs} ~~occupies~~ 12 engineers, has at its disposal 500,000 German Marks for acquisitions, a German laboratory of equal size has at its disposal only about 10,000 Marks a year.

14.1 Chief Eng. Peters, Nordwestdeutscher Rundfunk (NWDR), Hamburg.

read the report prepared by Dr. Nestel, NWDR Hamburg, on:

"New developments in radio broadcasting."

Transit time errors are investigated according to the method of error repetition. According to this method, an error is the greater, the less often it has to be repeated to become noticeable.

-15-

The microphone sound-volume range has been increased to 100 db.

~~German~~ German ultrashort-wave tubes permit a power amplification of 1:10, whereas foreign tubes permit one of only 1:2 to 1:3.

With proper circuit arrangement, a single transmitting mast can radiate at the same time 2 medium ~~waves~~ and 2 ultrashort waves. Radio transmitters should no longer be set up for medium waves if, instead, it is possible to have an ultrashort-wave transmitter, inasmuch as the quality of ultrashort-wave reproduction is far superior. In ultrashort-wave reception the listeners wish to hear the high tones, whereas in medium-wave reception they prefer a dark timbre (probably because of the deterioration of quality caused by neighboring transmitters).

14.2 The address by H. Rothe, Ulm, was not read. ~~In its place~~ Prof. Meinke, Munich, reported on his 6-month stay in the U.S.A.

The U.S.A. is far ahead of Germany ~~in the volume of~~ development. Only in the field of measuring instruments is Germany holding her own. Still, the structural shape of ~~the~~ measuring instruments is often ~~substantially~~ substantially better in the U.S.A. than in Germany.

Particularly interesting American measuring instruments were then shown in photographs (from manufacturers' catalogs) and described, among them a terminal resistance ~~and~~ for cables up to 40,000 mc, and thermistors. Prof. Meinke proposes to manufacture thermistors also in Germany. A disadvantage consists in the fact that they are not evacuated and therefore largely dependent on the surrounding temperature. In the discussion it was brought out that during the war thermistors were manufactured in Germany by Osram of titanium and spinel and that ~~at present~~ thermistors ^{now} are being produced by ~~Siemens~~ Siemens & Halske, Heidenheim.

-16-

14.3 Report by W. Kloepper, C. Lorenz AG., Pforzheim, on

"The high-frequency ~~installations~~ ^{systems} of overseas radio telephony."

By using the single-sideband system (within the range from 12 to 45 m wavelength) reception becomes largely independent of fading of the carrier which ~~is~~ ^{is} suppressed up to the extent of 5 percent.

The speaker then described the fundamental construction of a transmitting and receiving installation with one-side transmission of four low-frequency bands. The frequency re-tuning of the carrier is accomplished by means of a rotating field which adjusts a capacitor until there is no longer a frequency difference.

15. Group L II: High-frequency engineering.

The introductory speaker, Prof. Leithäuser, Berlin, states that, in connection with picture tubes, magnetic deflection is preferred, because it ~~is~~ ^{it} takes place outside the tube, i.e., ^{it} is part of the set, and is better adaptable to the shape of the screen. This is difficult with electrostatic deflection, because the screen is large compared with the length of the tube.

In the field of decimeter waves, detectors are again in demand, inasmuch as it is difficult to procure rectifier tubes.

15.1 Report by Dr. Eng. Urtel, C. Lorenz AG., Pforzheim, on:

"Deflection in television."

Description of currently known processes. Through a transformer, the deflector circuit ~~now~~ provides at the same time the anode voltage for the cathode-ray tube.

15.2 Report by R. Bredner, Philips, Hamburg, on

"Measuring instruments for television receivers."

From the catalog of ~~the~~ Philips, the following devices are shown and described:

Television service test oscillators GM 2657 and GM 2887;

Oscillograph GM 5653 with an amplifier which, between 1 cps and 1 mc, has practically the same amplitude and phase.

-17-

The high-frequency millivoltmeter GM 6006 with a measuring range from 1 mv to 1 kv (smallest readable value = 50 μ v), frequency range 1 kc to 30 mc.

All these instruments are not yet being manufactured in Germany, but at Eindhoven, Holland.

15.3 Report by Engineer Schmid, C. Lorenz AG., Pforzheim:

"On the behavior of detectors in the field of decimeter waves (with demonstrations)."

The detectors for decimeter waves are being constructed in accordance with the sizes standardized in the United States.

In the case of silicon (semi-conductor) detectors it is no longer necessary to look for the most sensitive ~~point~~ spot inasmuch as they can now be made sufficiently homogenous. Their ^{path} resistance ranges from 10 to 50 ohms; the ~~is~~ needle inductance ^{is} 2.8 nh; the capacitance of the boundary layer, 0.8 to 1.4 pf.

The equivalent circuit ~~diagram~~ and circle diagrams of decimeter-wave detectors were explained.

The measuring of the resistance of a detector was demonstrated by means of a rotating reference circuit for a wavelength of 15 cm.

16. Group L III: High-frequency ~~engineering~~ engineering

16.1 Report by Chief Post Office Dept. counsellor Dr. K. O. Schmidt,

Telecommunication Technical Central Office of the German ~~Federal~~ Federal
Post Office Department, Darmstadt, on:

"The planning of ~~directional~~ ^{relay systems} radio communication."

The requirements for a good connection are:

1. The ~~connecting~~ communication line between transmitter and receiver must be high enough above the ground etc. so as to prevent diffractions (Fresnel effect).
2. The cable between the transmitter and the antenna should not be longer than 10 meters; otherwise one has to contend with the long line effect.
3. ~~A reliable current supply~~ The current supply must be reliable.
4. The antenna tower must have adequate resistance against rotation and bending so as to prevent the beam from by-passing the receiver (maximum

-18-

permissible angle of rotation 0.1° for a beam ~~with a width of~~ with a width of 2° to 5°).

5. The antenna tower must fit into the landscape.
6. Economical ~~and~~ ^{mass} construction of the towers must be possible.
7. The towers must be ~~sufficiently~~ safe against collapse.
8. The beam travelling beyond the receiver must not influence the next receiver. For this reason it is customary to alternate between two waves and to cover the distance in zigzag.

Dr. Eng. Werrmann, Siemens & Halske, Berlin, then compared the wide-band ~~directional~~ ^{relay} radio system (which conforms to the CCI recommendation) with a connection ~~by means of~~ by a coaxial cable.

In ~~directional~~ ^{relay system} radio communication there results a non-linear harmonic distortion factor from the modulation and demodulation as well as from transit time ~~through~~ effects - a factor which permits transmission of only half of the messages, as one might assume off-hand on the basis of ~~the~~ theoretical considerations. For the time it is only possible to obtain transit times under 10^{-9} , whereas transit times under 10^{-10} would be necessary to achieve full utilization of the band width.

A comparison of installation costs shows that in 1950 a ~~directional~~ ^{relay system} radio ~~was~~ was about 40 percent cheaper than a coaxial cable of equal efficiency. Because of the high tube replacement costs, the operating costs ^{such} of ~~directional~~ ^{al/} radio communication ^{still} are at present ~~which~~ considerably higher than in the case of coaxial cables. In the future the operating costs for both systems should be about the same.

16² Report by Dr. Holzwarth, Siemens & Halske, Munich, on:

"~~Directional~~ ^{relay system} Radio ~~with~~ with pulse-phase modulation."

Advantages of pulse-phase modulation: less noise and lower requirements with respect to high-frequency and transmission equipment.

Compared with transmission by overhead lines, the purchasing costs average only about 65%. The operating costs are about the same.

G. Ulbricht, Telefunken, Ulm, supplements the foregoing by stating

-19-

that the transmitter is a disc-tube transmitter (for a 15-cm wave). The tube comes from the U.S.A. He describes the transmitting and receiving station "Ida 22" of Telefunken. The transmitting antenna has a ~~mirrored~~ mirror with a diameter of 3 m.

16.3 Report by W. Berndt, Telefunken, Berlin, on

"Antennas for ultrashort-wave and ~~directional~~ ^{relay} radio systems."

The following horizontally polarized antennas are described:

Antennas with U-shaped dipoles, rotary field antennas and ~~circular~~ ^{ring} antennas = slot-fed ~~ring~~ ^{ring} antennas.

H. Bosse, C. Lorenz AG., Stuttgart, explains the manner of action of tube-slot antennas, which oscillate with half and full wave length.

The ~~theoretical~~ theoretically ~~measured~~ determined terminal impedance is in good agreement with the measured resistance.

W. Kloepfer, C. Lorenz AG., Pforzheim, submitted a circle diagram of the resistance at the ring ~~gap~~ ^{gap} and the radiation diagram as the result of theoretical investigations and of measurements taken on a ring-~~gap~~ ^{gap} antenna:

(see diagram on p. 17 of original text)

W. Stähr, Siemens & Halske, Berlin, reports on antennas for meter waves with a minimum of air resistance. As an example, he showed a christmas tree antenna with dipoles ~~of~~ ^{of} elliptical cross section. This reduces the air resistance by 1/3.

-20-

20. Group N: Electro-physics and electro-acoustics.

The introductory address was delivered by Prof. Grützmacher, of the Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, who substituted for Dr. Fischer, Darmstadt.

20.1 Dr. Eng. Wasserrab; Brown, Boverie & Cie, Mannheim. reported on

"Progress in the investigation of current-converter gas discharges."

- (a) Hot cathodes are now being constructed also as oxide cathodes, the same as the cathodes of amplifier tubes. By means of an electron microscope and electron diffraction it has been determined that the oxide coating represents a homogeneous surplus semi-conductor. The improvement of oxide cathodes by depositing cesium through evaporation on tungsten appears promising. The cesium is absorbed by the tungsten (Langmuir). At 700° K the emission from cesium cathodes is 10^{20} times that of tungsten.
- (b) In the case of mercury cathodes, emission is brought about by the electric field, as has been shown by ~~more~~ recent British measurements. According to these measurements, the current density at the cathode spot is 10^6 A/cm², which is in agreement with Langmuir's theory.
- (c) The temperature of the neutral gas ring surrounding the positive column is equal to the wall temperature ~~while~~ ^{while} the load is moderate. It increases with growing load and with higher gas pressures. This gives rise to the familiar vapor flow.
- (d) Attention is called to a cesium ~~converter~~ ^{converter} made by ~~the~~ General Electric with a very low constant glow potential (i.e. 2.5 V at 260 A).
- (e) To prevent backfiring it is necessary that the tube be kept ~~clean~~ extremely clean, that it be well degassed, and that the load be limited. In the U.S.A., ~~backfiring~~ backfiring in single-anode tubes is ten times more frequent than here.

-21-

20.2 Dr. P. Wenk, Siemens-Schuckert-Werke, Erlangen, reports on

"The soldering of aluminum with ultra-sound waves."

An apparatus is demonstrated which operates with 20 kc, consumes 45 va, and whose manual device weighs 400 grams. (Similar apparatus are being constructed abroad).

The oxide coating is destroyed during the soldering process, but the aluminum, too, is attacked. Physically speaking, this type of soldering corresponds to friction soldering.

The following soldering processes were described:

- (a) Small parts (wires, for instance) are tinned in the separately heated tin bath which is subjected to supersonic oscillations, and subsequently soldered in the usual way.
- (b) Larger parts are separately heated (to about 250° C) and then soldered with ultra sound and tin.
- (c) Aluminum cables must be spread apart, as otherwise only the outer wires will be tinned.

Pure tin is required for soldering. An alloy consisting of 80 percent tin and 20 percent zinc can also be used, however. The ~~tin~~ tin and lead alloys ordinarily used for soldering ~~did not~~ ~~proved~~ proved unsatisfactory. The strength of a soldered place was shown by the following tearing test: 2 aluminum plates soldered together with an overlap of 6 mm, did not tear at the soldered place but elsewhere.

20.3 Dr. H. Kösters, Nordwestdeutscher Rundfunk, Hamburg, reported on "Methods of producing an artificial ~~reverb~~ reverberation."

The purpose of such methods is the rapid adaptation (change) of the reverberation time of a ~~studio~~ ^{studio} for radio-broadcasting to the surroundings to be represented (such as an open space, large hall, small room, for instance). Work in this field has just begun in Germany. Some systems produced in the U.S.A. were described.

VI. Enclosures (in separate folder).

1. List of participants at the main meeting of the Association of German Electro-Technicians at Hannover in 1951.
2. Roster of the members of the Association in 1951.
3. Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ), issue of June 1, 1951.
4. Der Elektrotechniker, issue of June 1951.
5. Industrie-Kurier of June 12, 1951 with supplement "Technik und Forschung."
6. Handelsblatt of June 13, 1951 with supplement "Die Technische Linie."
7. Prospecti on technical books.

E T Z

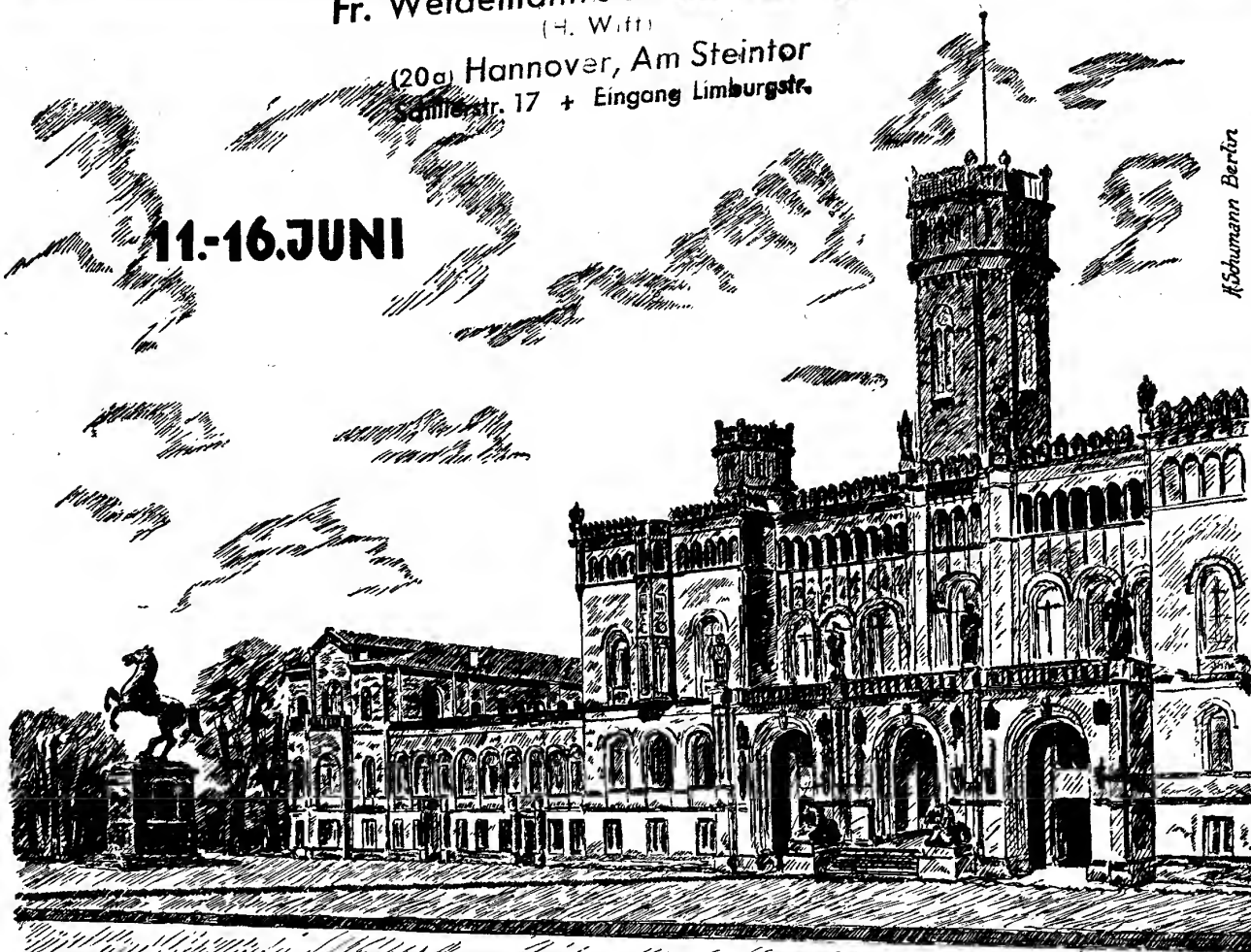
Probnummer

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

Fr. Weidemann's Buchhandlung
(H. Wiff)

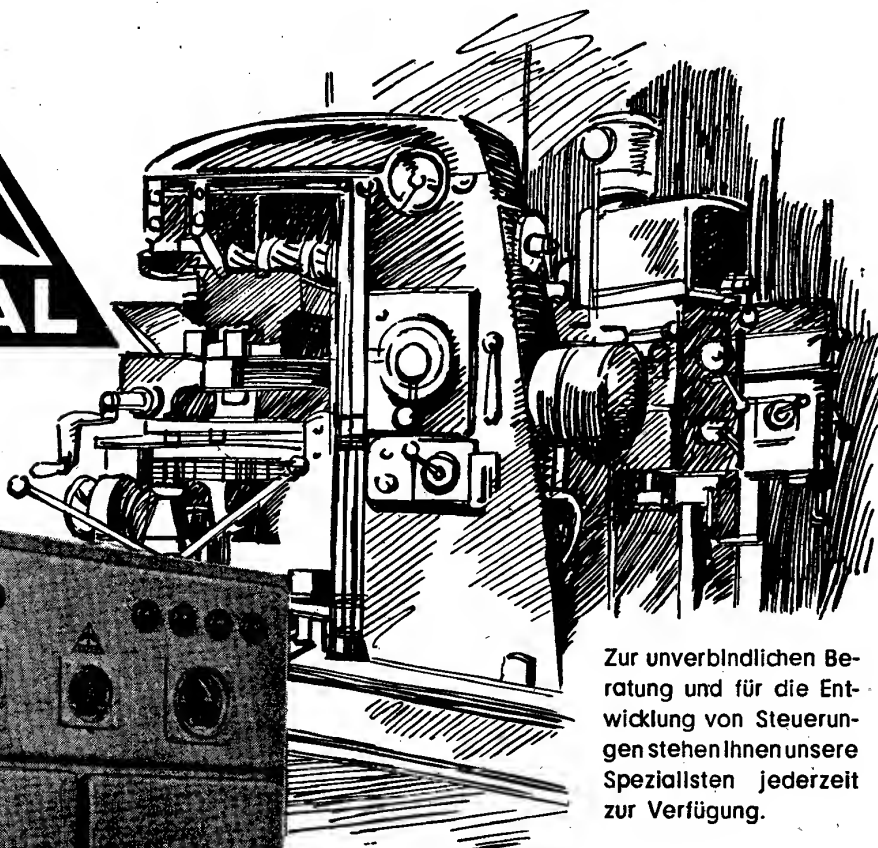
(20a) Hannover, Am Steintor
Schillerstr. 17 + Eingang Limburgstr.

11-16.JUNI



H. Schumann Berlin

JAHRESVERSAMMLUNG
DES
VERBANDES DEUTSCHER ELEKTROTECHNIKER
HANNOVER 1951



Zur unverbindlichen Beratung und für die Entwicklung von Steuerungen stehen Ihnen unsere Spezialisten jederzeit zur Verfügung.

Die Betriebssicherheit jeder Steuerung

hängt in erster Linie von den verwendeten Schaltgeräten ab. Die bewährten „Fanal“-Luftschütze und Nockenschalter in unseren Schaltschränken und Schaltkästen sind die beste Gewähr für das reibungslose Arbeiten Ihrer Maschinen.

Sofort erkennbar, die Vorzüge aller „Fanal“-Steuerungen:

Formschöne, gut gedichtete Schaltschränke —
Übersichtliche Anordnung der Geräte und Leitungen —
Bequeme Anschlußmöglichkeiten

... die richtige Lösung für Arbeits- und Werkzeugmaschinen

METZENAUER & JUNG · GMBH
WUPPERTAL-ELBERFELD

F&G

Hochspannungs-Kabel



FELTEN & GUILLEAUME CARLSWERK AG KÖLN - MÜLHEIM

Verlangen Sie bitte Sonderdruckschriften

Unsere Erzeugung:**Betriebstransformatoren**

ölgekühlt 20 - 15 000 kVA, 100 kV, öllos 5 - 500 kVA, 25 kV. Unter Last umschaltbare Transformatoren, schlagwettergeschützte Transformatoren, Niederspannungstransformatoren ab 1 kVA.

Hochspannungs-Prüftransformatoren u. -Forschungsanlagen

für alle Spannungen, alle Leistungen, alle Stromarten.

Hochspannungs-Gleichrichteranlagen

mit Kathodenröhren, Trockengleichrichtern, mechanischen Gleichrichtern, Vielfach-Gleichrichtern.

Hochspannungs-Stoß-Anlagen, Funkenstrecken, Elektrometer, Ölprüfgeräte, Isolations-Prüfanlagen, Heiztransformatoren.

Regeltransformatoren stufenlos und mit Stufen, Ofentransformatoren, Starkstromtransformatoren.

Kathodenstrahl-Oszillographen**Colonia-Drehstrommotoren****Colonia-Elektromagnetwalzen und Bandrollen**

zum Ausscheiden von Eisen aus allen Trockenmaterialien.

**HOCHSPANNUNGS-GESELLSCHAFT**

FISCHER & CO KÖLN-ZOLLSTOCK

H&B

Inkavi
Kombinierte Induktivitäts- und Kapazitäts-Meßbrücke

Multitavi 8
für Starkstrom bis 150 A ~
23 Meßbereiche

Multitavi 5
Universal-Meßinstrument
für höhere Ansprüche

TIM-5
Zur Erweiterung der
Meßbereiche
bis 600 A ~

genau
handlich
formschön

HARTMANN & BRAUN AG FRANKFURT/MAIN

1. Juni 1951

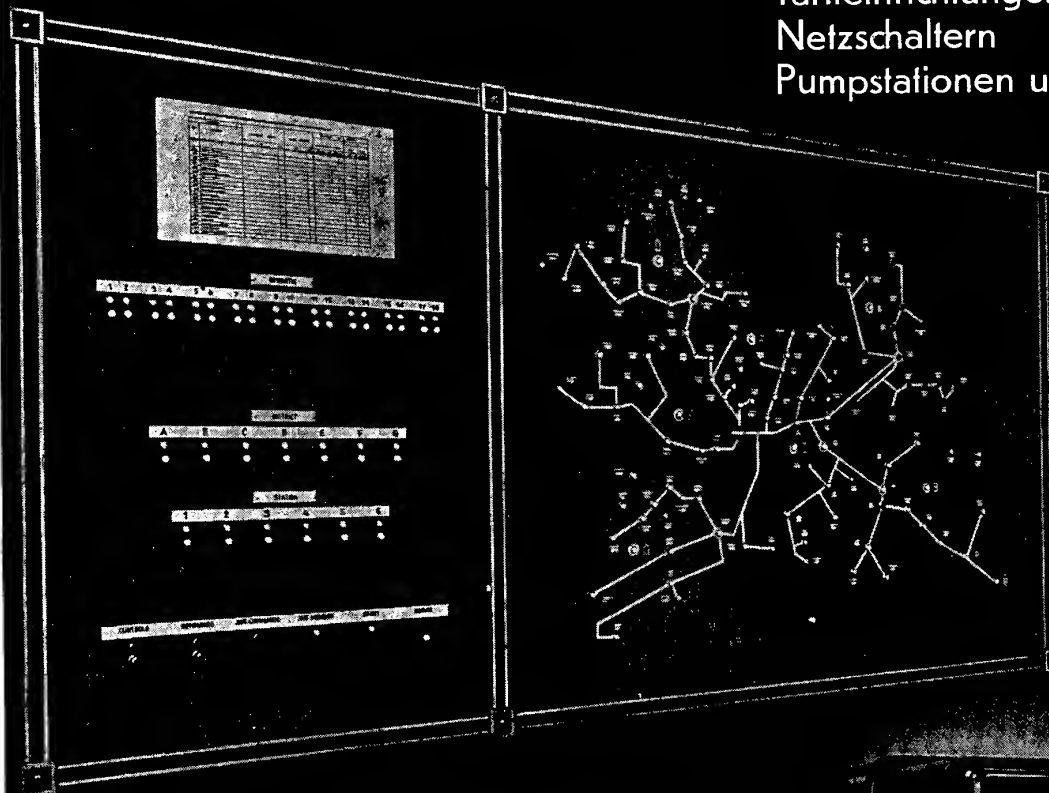
Elektrotechnische Zeitschrift 72. Jahrg. Heft 11

V



FERNSTEUERUNG

Zur zentralen Überwachung von
Straßenbeleuchtung
Heißwasserspeichern
Elektrokesseln
Tarifeinrichtungen
Netzschaltern
Pumpstationen usw.

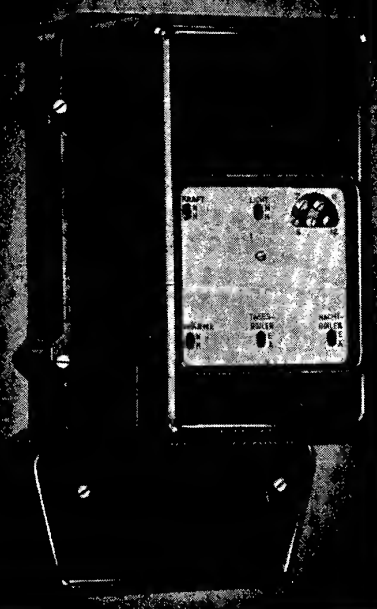


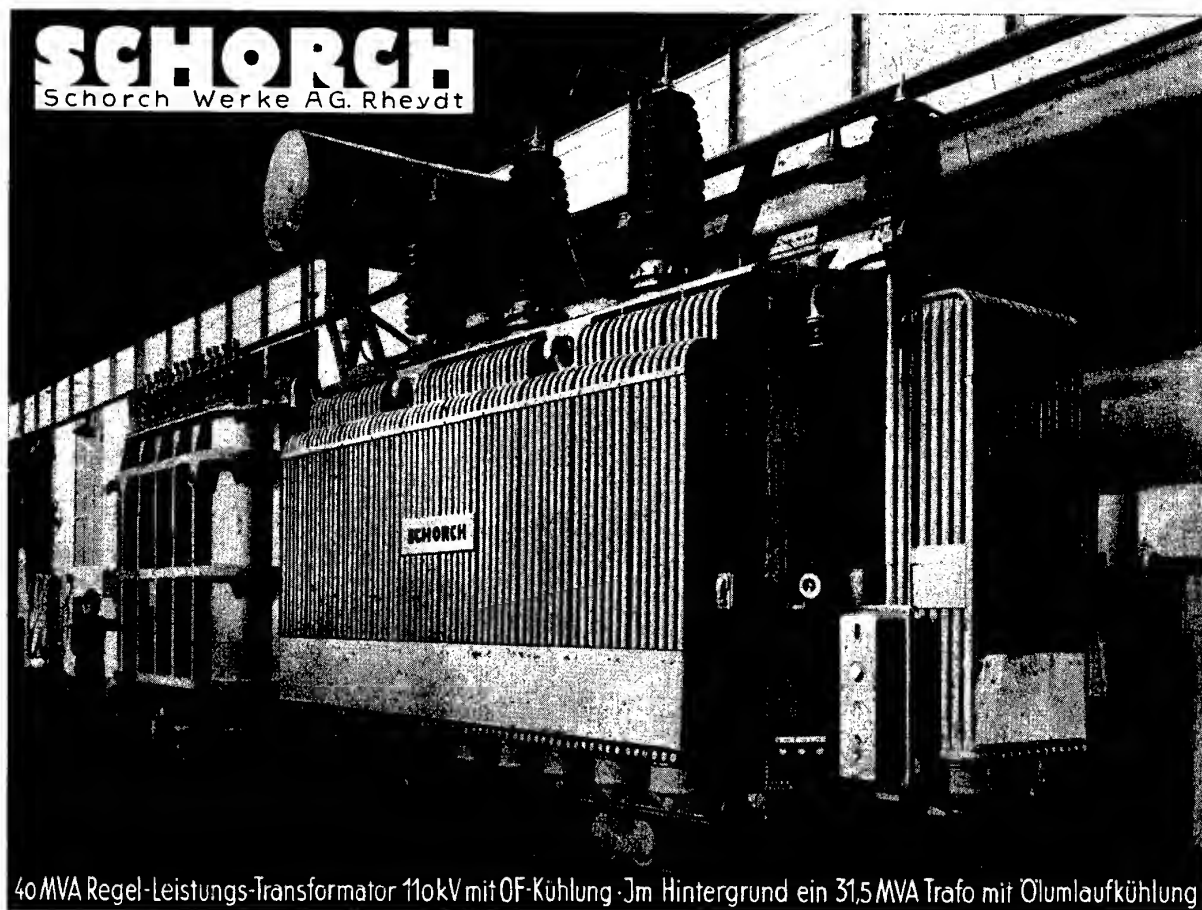
Zentrale Kommandostelle einer Fernsteueranlage mit Steuerdraht, mit Rückmeldetableau.

Die LG Fernsteuerung dient zur Übertragung einer großen Anzahl von Steuerbefehlen. Bei Fehlen eines Steuerdrahtes wird das Starkstromnetz mit Tonfrequenz-Steuerimpulsen überlagert.

Paul Firchow Nachfgr.
Apparate- und Uhren-Fabrik A. G.

Empfangsgerät einer Fernsteueranlage mit Tonfrequenz-Überlagerung.





40 MVA Regel-Leistungs-Transformator 110kV mit OF-Kühlung. Im Hintergrund ein 31,5 MVA Trafo mit Ölumlaufkühlung

PLATTHAUS

baut

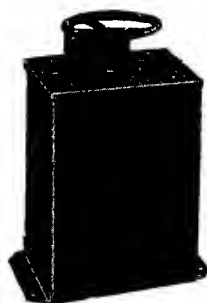
Anlasser für
Gleich- u. Drehstrom-
Motore

Regelanlasser

ferngesteuerte
Regelanlasser

Anlass-
Regelwiderstände

Nebenschlußregler
Leonardregler



Schiebe-
widerstände

Drehgleit-
widerstände

Kontakt-
Regelwiderstände

Lichtverdunkler
Verdunklungs-
Transformatoren

automat.
Verdunklungs-
Transformatoren

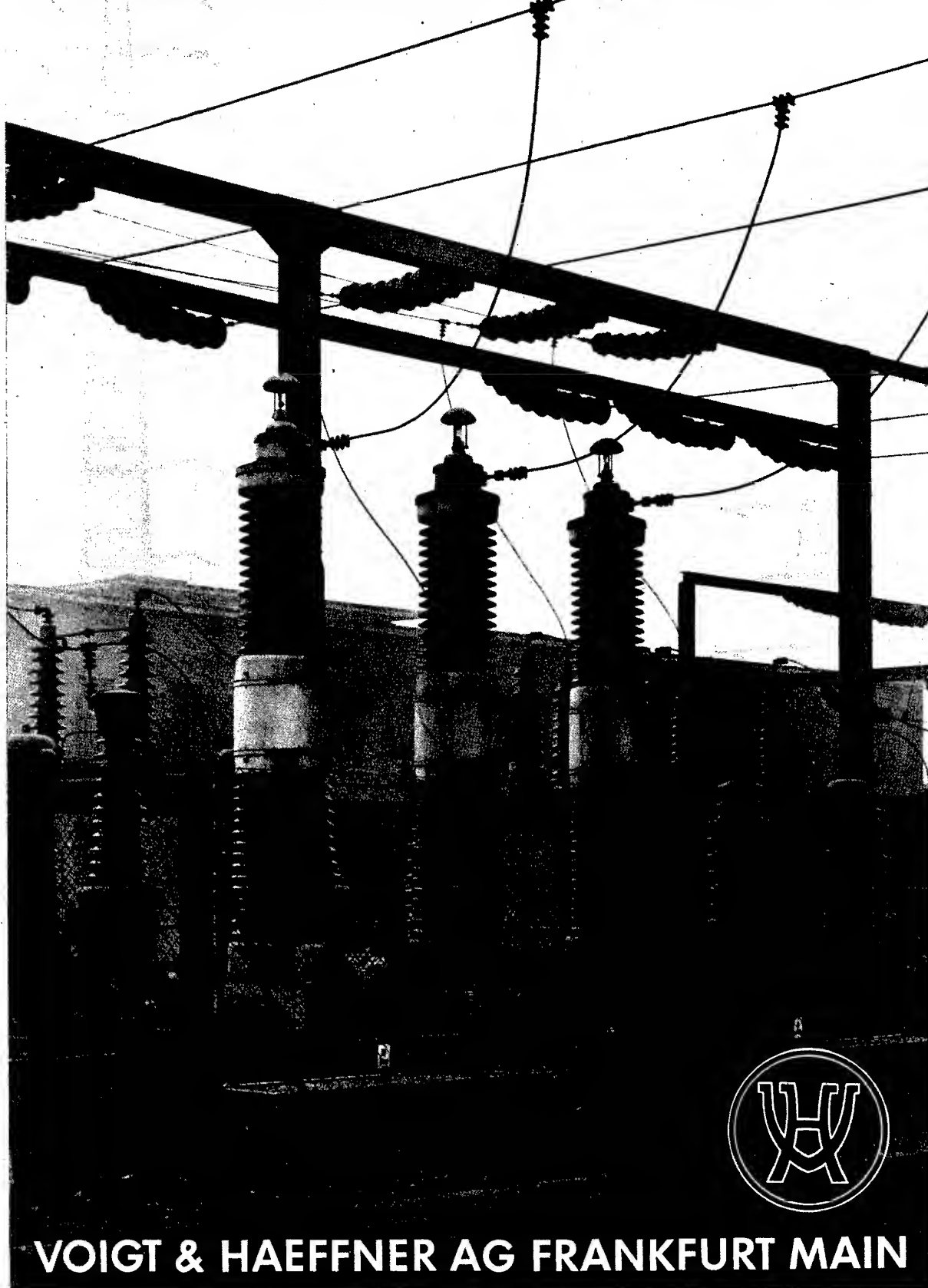
HEINRICH PLATTHAUS Ing. Elektrotechnische Fabrik
22a Witzhelden-Rhld. Station Hilgen

1. Juni 1951

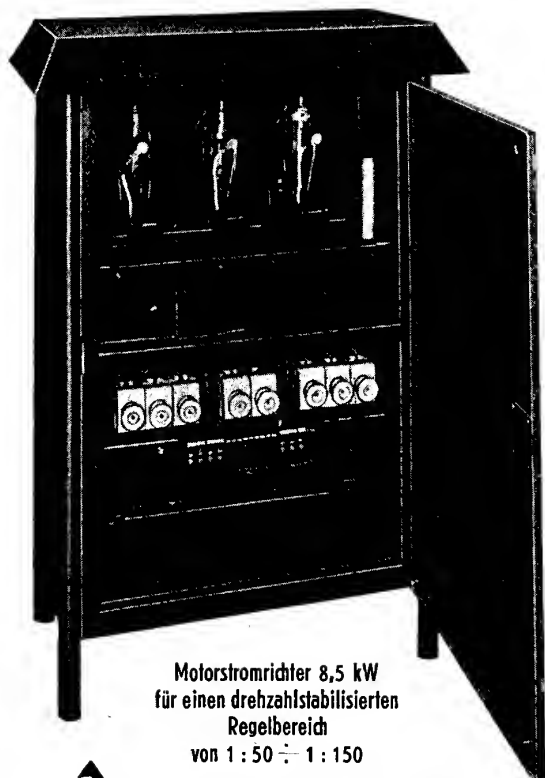
Elektrotechnische Zeitschrift 72. Jahrg. Heft 11

VII

DRUCKAUSGLEICHSCHALTER



VOIGT & HAEFFNER AG FRANKFURT MAIN



Motorstromrichter 8,5 kW
für einen drehzahlstabilisierten
Regelbereich
von 1:50 ÷ 1:150



DR.-ING. JOVY · STROMRICHTER-APPARATEBAU · LEER/Ostfr.
Spezialfabrik für Stromrichter und industrielle Elektronik

JOVY - STROMRICHTER - ELEKTRONIK

Elektronisch gesteuerte Motorstromrichter

„JOVY ROTOMAT“

zur stufenlosen Drehzahlregelung
von Ein- und Mehrmotoren-Antrieben

Verdunklungsstromrichter

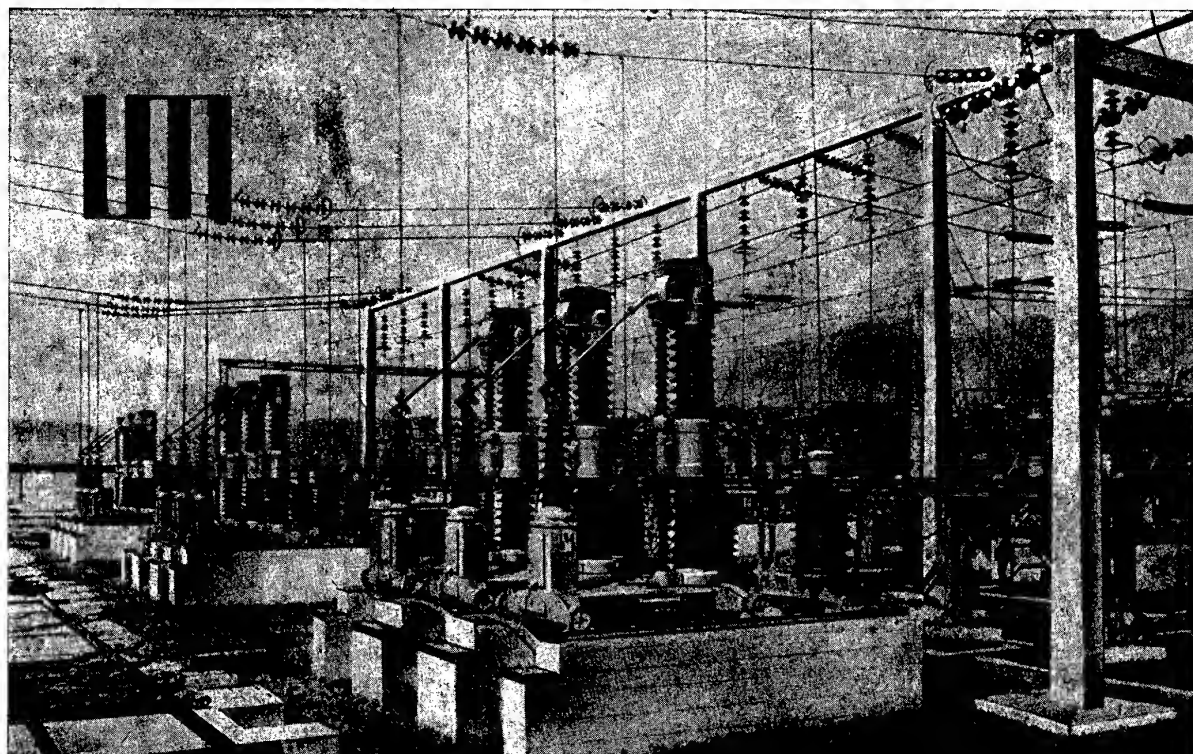
„JOVY VARIOMAT“

zur stufenlosen Helligkeitsregulierung
auch für Leuchtstoff- und Neonlampen

Thermostromrichter

„JOVY THERMOMAT“

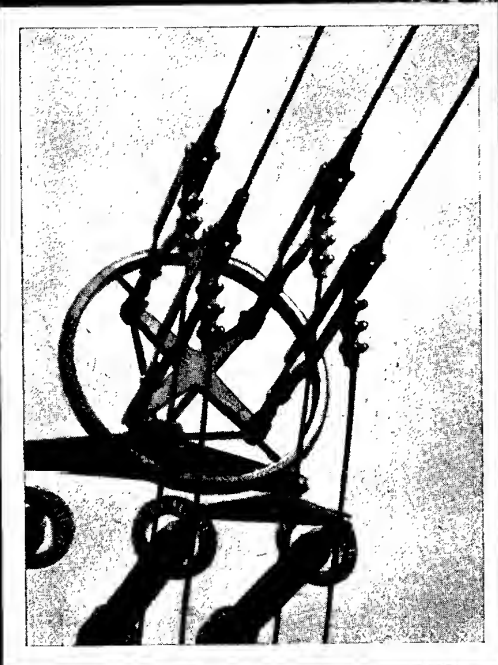
zur gleitenden Temperaturregulierung
von Heiz- und Glühöfen



Stahlbetongerüste für Freiluftschaltanlagen

Schleuderbezonnmaste für Freileitungen, Beleuchtung und Verkehr liefert

LEONHARD MOLL Baunternehmung München, Abt. Betonwerk



**HOFMANN
ARMATUREN**

FÜR

BÜNDELLEITER

FÜR 400 000 VOLT

LIEFERBAR ÜBER:

BAYERISCHE SCHRAUBEN- UND FEDERN-FABRIKEN

RICHARD BERGNER

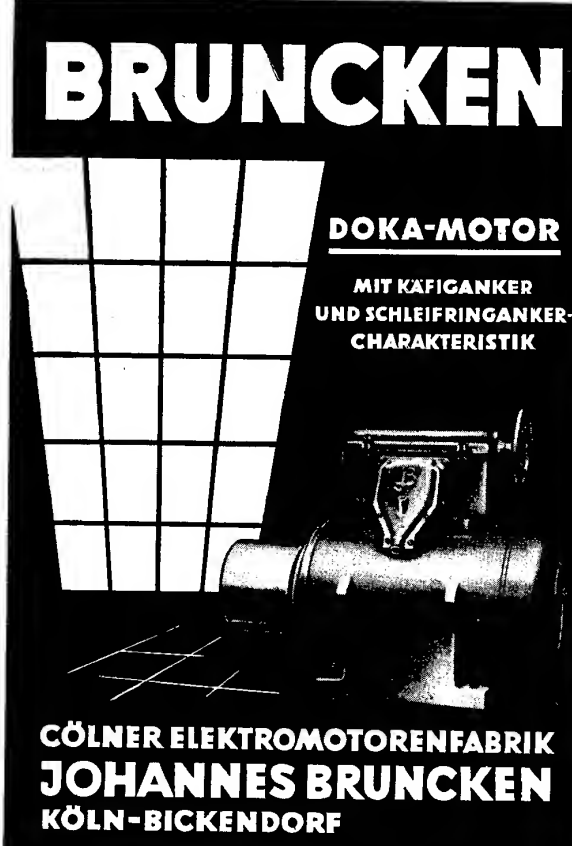
ABTEILUNG J. WILHELM HOFMANN

SCHWABACH BEI NÜRNBERG



LINDNER
G M B H
BAMBERG

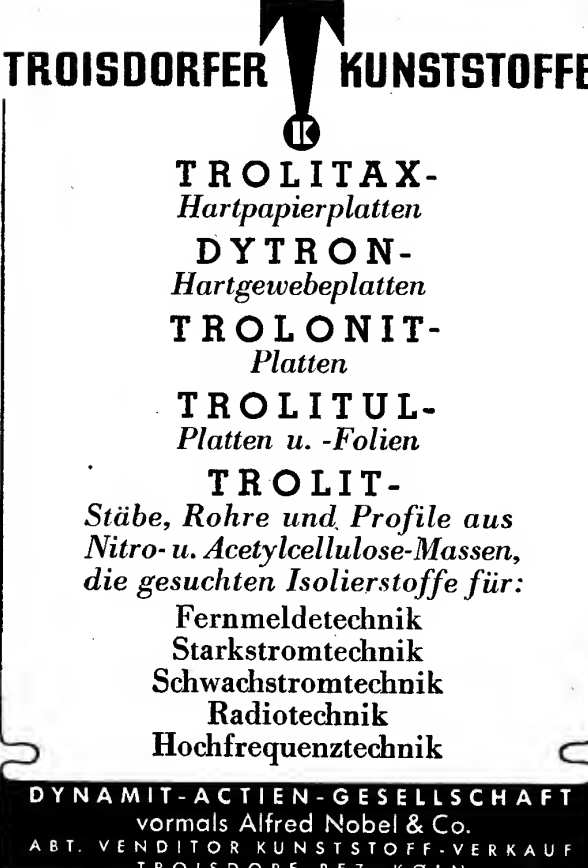
Formschöne
Raumsparende
GUSSGEKAPSELTE VERTEILUNGEN



BRUNCKEN

DOKA-MOTOR
MIT KAFIGANKER
UND SCHLEIFRINGANKER-
CHARAKTERISTIK

**CÖLNER ELEKTROMOTORENFABRIK
JOHANNES BRUNCKEN
KÖLN-BICKENDORF**

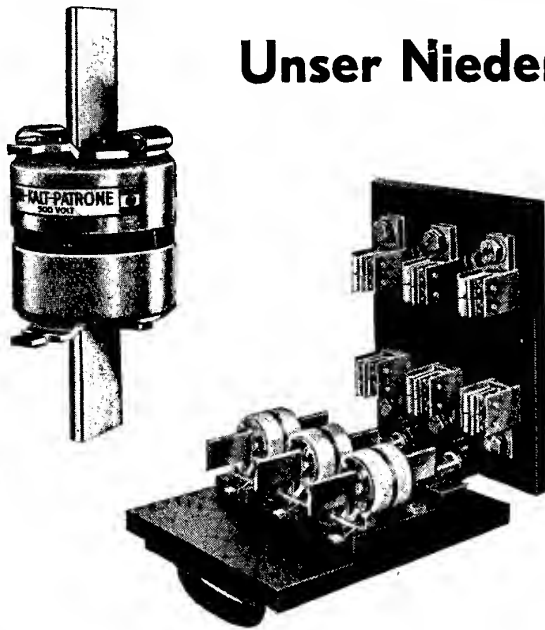


TROISDORFER KUNSTSTOFFE

TROLITAX-
Hartpapierplatten
DYTRON-
Hartgewebeplatten
TROLONIT-
Platten
TROLITUL-
Platten u. -Folien
TROLIT-
Stäbe, Rohre und Profile aus
Nitro- u. Acetylcellulose-Massen,
die gesuchten Isolierstoffe für:
Fernmeldetechnik
Starkstromtechnik
Schwachstromtechnik
Radiotechnik
Hochfrequenztechnik

DYNAMIT-ACTIEN-GESELLSCHAFT
vormals Alfred Nobel & Co.
ABT. VENDITOR KUNSTSTOFF-VERKAUF
TROISDORF BEZ. KÖLN

Unser Niederspannungs-Programm



umfaßt alles von der bewährten
DRIESCHER-KALT-PATRONE
(NH-PATRONEN und ZUBEHÖR)

über für jeden Verwendungszweck

bestgeeignete

**SCHALTGERÄTE,
VERTEILER-SYSTEME
und SCHRÄNKE**

bis zu anschlußfertigen

**VERTEILER-
und SCHALT-ANLAGEN**
JEDER GRÖSSE

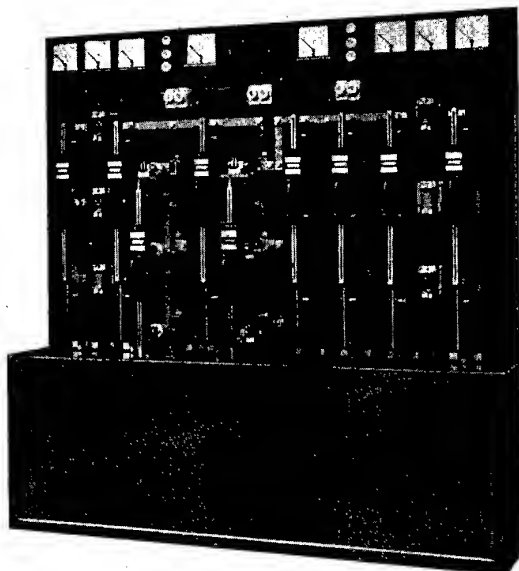
in offener, halboffener

und geschlossener Ausführung

(blech- oder isoliert-verkleidet)

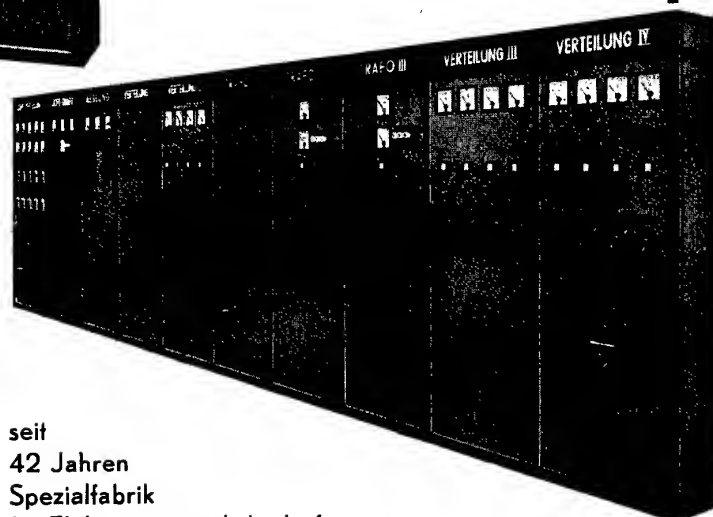
nach Eigen-Konstruktionen in

solider, betriebssicherer Bauweise



Für Hochspannungs-Anlagen bauen und liefern wir:

HH-Sicherungs-Patronen . Sicherungs-Träger
Trenn-Sicherungen . Trennschalter bis zu den
höchstvorkommenden Nennstromstärken
Antriebe . Leistungs-Trennschalter . kittlose
und gekittete Stützer und Durchführungen
Doppel-Konus-Klemmen . Zubehör

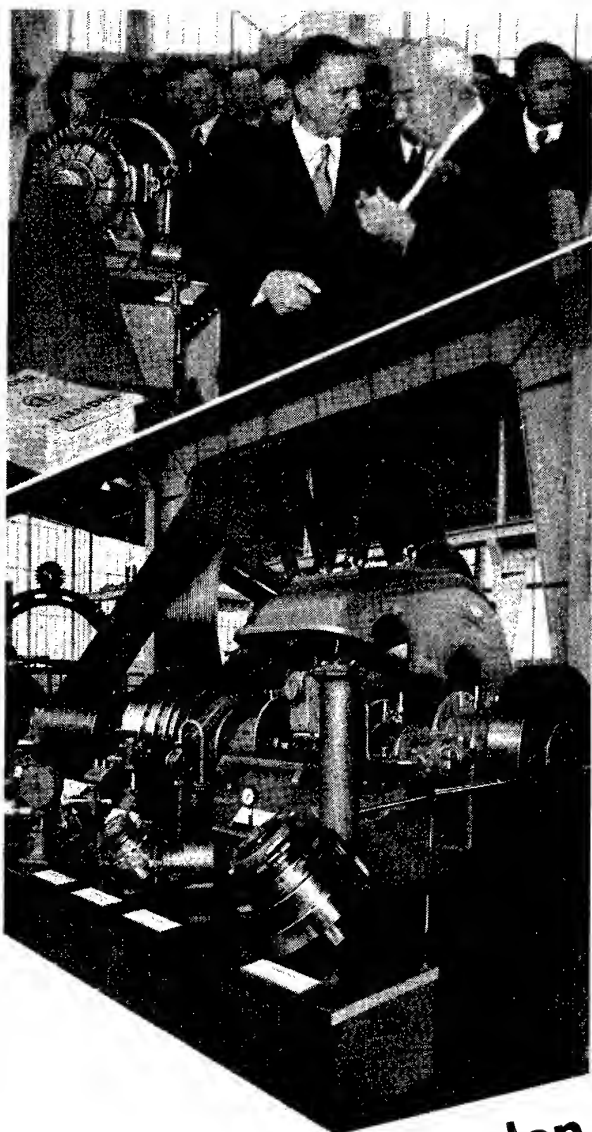


seit
42 Jahren
Spezialfabrik
für Elektrizitätswerksbedarf

DRIESCHER



• **RHEYDT** •



Flender-Antriebe finden „höchste“ Beachtung

Auf der Messe in Hannover zeigte sich Bundespräsident Heuß von unseren Erzeugnissen stark beeindruckt.

Kritische Fachleute des In- und Auslandes „belagerten“ täglich den Flenderstand. - Jeder Messebesucher weißes.

Unzählige Antriebsfragen wurden besprochen und beantwortet.

Auch Sie sollten mit uns und unseren Fachingenieuren Verbindung halten!

Zahnradgetriebe
Stufenlos regelbare
Getriebe (Variatoren)
Eupex-Kupplungen
Almar-Kupplungen
Blauri-Triebe
Kurz-Gleitlager
und alle Organe
der Antriebstechnik

FLENDER  **BOCHOLT**



AUSRÜSTUNGEN für KRANANLAGEN



*Fahrleitungen
Stromabnehmer
Krankontroller
Widerstände
Endschalter
Bremslüfter*

THEODOR KIEPE-DUSSELDORF-REISHOLZ
ELEKTROTECHNISCHE FABRIK



Kabelverteiler



mit  **KEHRS**

**Hochleistungs
Sicherungen**

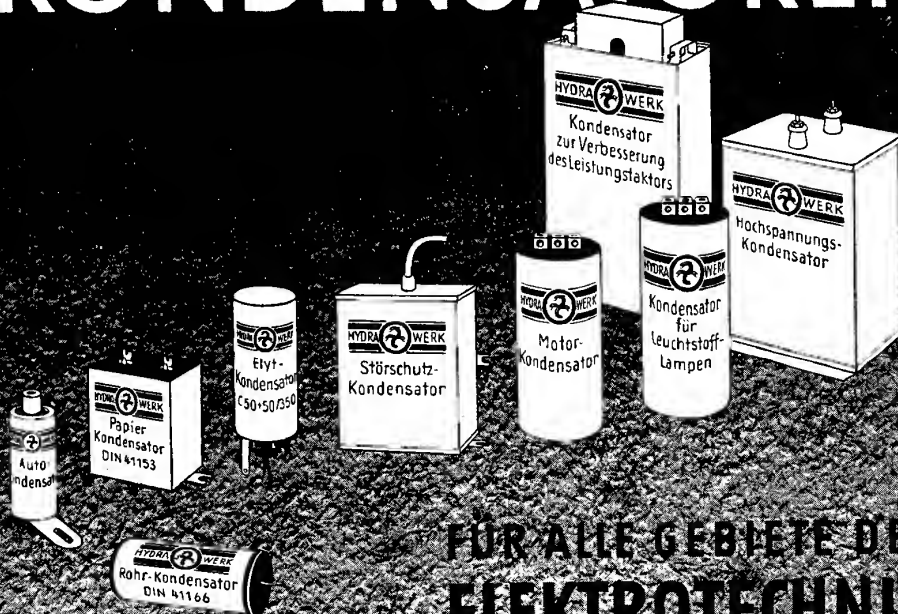


Alle Ausführungen

C.W. KEHRS & CO. G.M.B.H. KETTWIG-RUHR



KONDENSATOREN



FÜR ALLE GEBIETE DER
ELEKTROTECHNIK



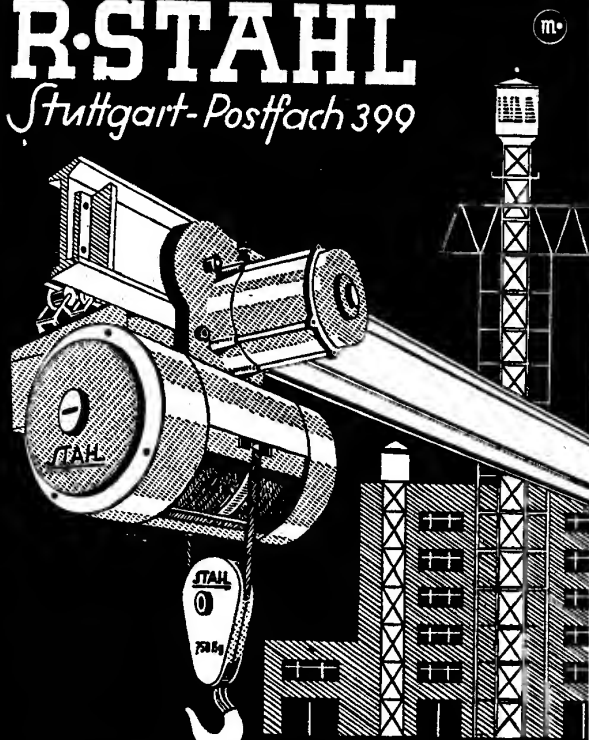
HYDRAWERK AKTIENGESELLSCHAFT BERLIN N20



*Kittlose
Innenraum- u. Frei-
luftendverschlüsse
mit druckfesten Ab-
schlusskappen für
Normal- u. Dreimantelkabel
bis 60 kV.*

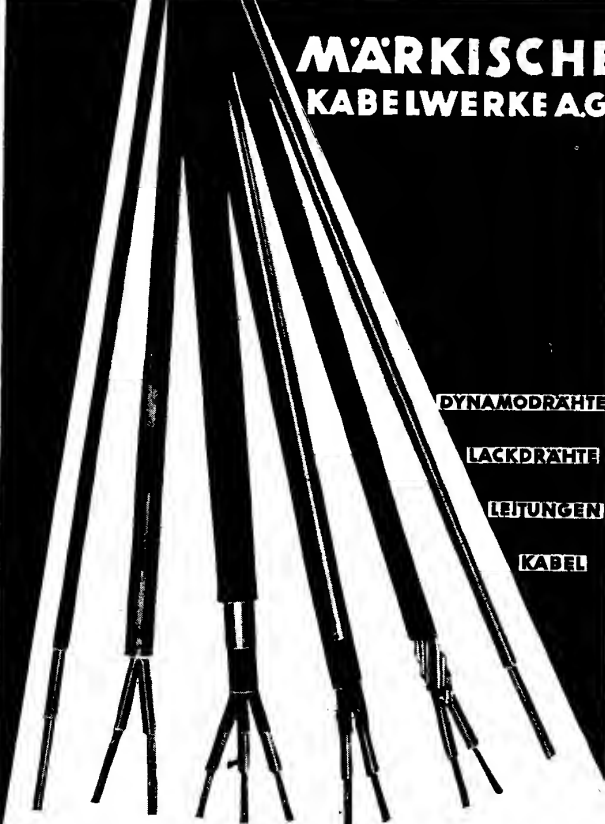
*Kleinandverschlüsse ohne Vergussmasse in Blei-
ausführung mit ölfesten Isolierschläuchen bis 10 kV
Kabelverteilerschränke mit abnehmbarem Gehäuse.*

KÖTTGEN & CIE GM
BH
BERG.-GLADBACH



R. STAHL
Stuttgart-Postfach 399

Aufzüge · Elektrozüge · Krane



**MÄRKISCHE
KABELWERKE AG.**

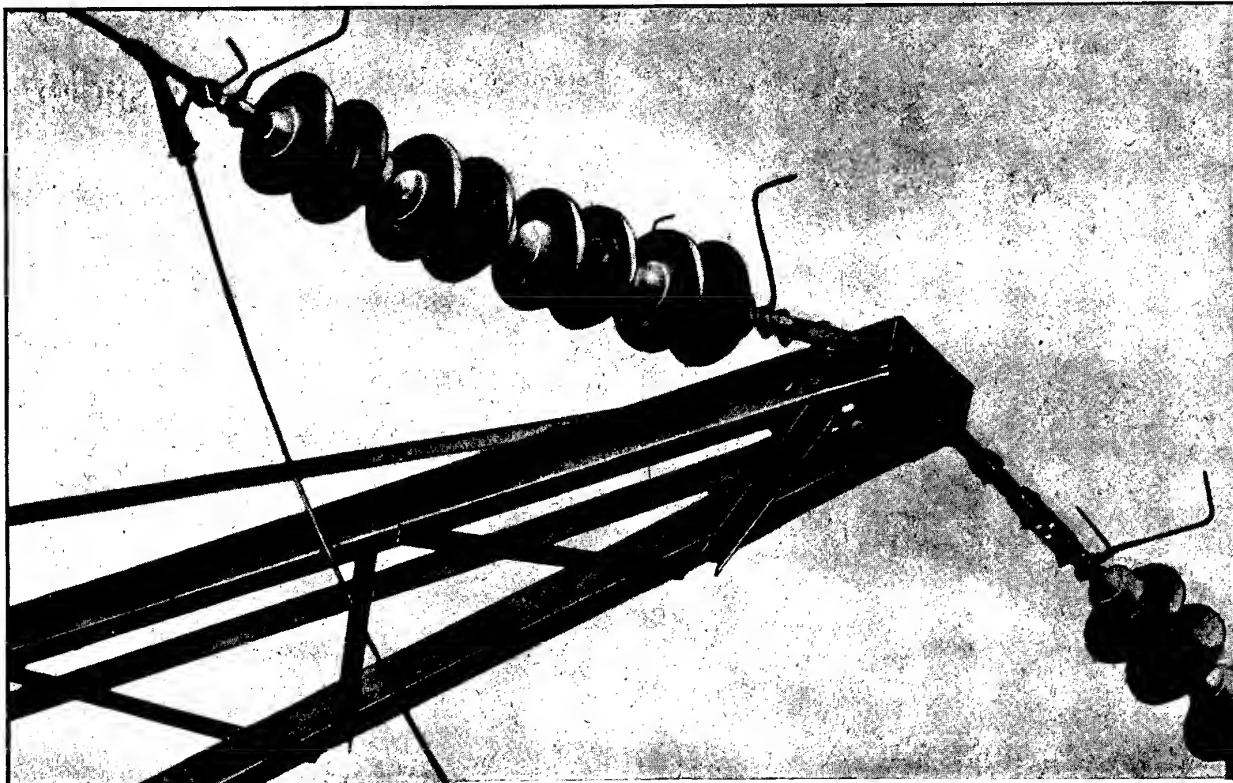
DYNAMODRÄHTE
LACKDRÄHTE
LEITUNGEN
KABEL

BERLIN UND GEISLINGEN / STEIGE



RINGS DORFF

20
RINGS DORFF-WERKE GMBH MEHLEM-RHEIN



Isolatoren
für Hoch- und Niederspannung

Widerstände
für alle Zwecke


Rosen  *thal*

RIG

Kondensatoren
aus Sonderkeramik

ROSENTHAL-ISOLATOREN-G.m.b.H.SELB

BUSCH

3 KOMPLETTE PROGRAMME . .



DEUTSCH

ENGLISCH

AMERIKANISCH

BUSCH-JAEGER LUDENSCHIEDER METALLWERKE A.G.
LUDENSCHIED

Strom- u. Spannungswandler



Strom- u. Spannungswandler Reihe 0,5 bis Reihe 220
Stufen- u. Promillewandler für Laboratorium u. Prüffeld
Prüftransformatoren bis 600 kV

MESSWANDLER-BAU-GMBH · BAMBERG

KABEL- UND METALLWERKE
NEUMEYER
AKTIENGESELLSCHAFT NÜRNBERG 2

Bleikabel
für Stark- und Schwachstrom

Isolierte Leitungen
mit Gummi- und Kunststoff-Isolation

Fahrzeugleitungen

Freileitungen

Erstellung von Stark- und
Schwachstromanlagen

NE-Metallhalbzeuge



Vakuum **PBH** *Technik*

Ein

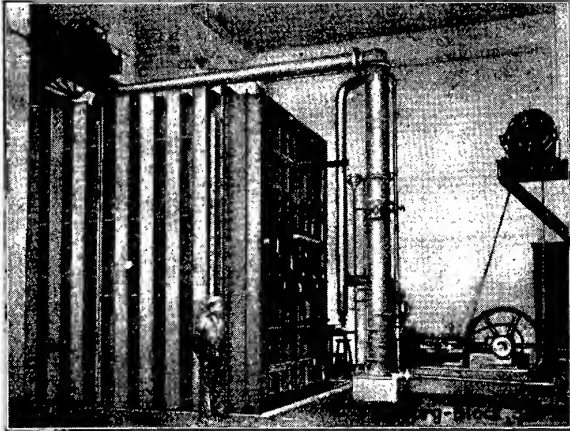
hoher Isolationswiderstand

und damit eine

hohe Dielektrizitätskonstante

sind nur bei Trocknung und Tränkung ihrer Rotore, Statoren, Transformatoren, Kondensatoren, Kabel, Isolierrohre und Spulen in unseren

Vakuum-Trocken- u. Tränk-Anlagen
gewährleistet



Großer Vakuum-Transformatoren-Trockenschrank

Passburg - Block - Haas G. m. b. H.
Remscheid-Lennep

GEGR



1892

WILHELM QUANTE

Spezialfabrik
für Apparate der Fernmeldetechnik
G.M.B.H.

WUPPERTAL-ELBERFELD

UELLENDÄHLER STRASSE 353
DRAHTANSCHRIFT QUANTEWERKE
FERNRUF SAMMELNUMMER 34341

FERNMELDEGARNITUREN FÜR POST-, BAHN
UND INDUSTRIE IM IN- UND AUSLANDE
FERNGESTEUERTE FAHRTRICHTUNGS-
ANZEIGER AUF BAHNSTEIGEN
VERSTÄRKER, MESS- UND STÖR-
SUCHGERÄTE
INSTALLATIONSMATERIAL FÜR FERN-
MELDEANLAGEN

EIGENE TECHNISCHE BÜROS IN BERLIN
ESSEN - FRANKFURT/M - HAMBURG
HANNOVER - MÜNCHEN - NÜRNBERG
UND STUTTGART

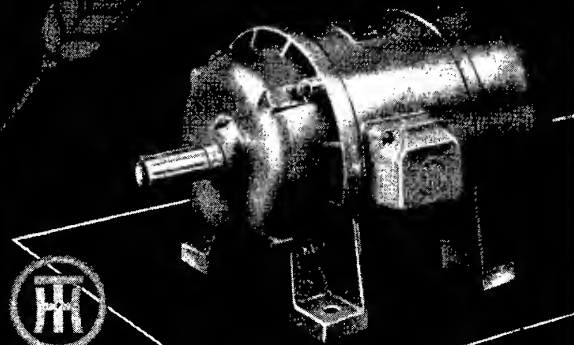


Der ideale
Elektroantrieb
für

INDUSTRIE

GEWERBE

LANDWIRTSCHAFT

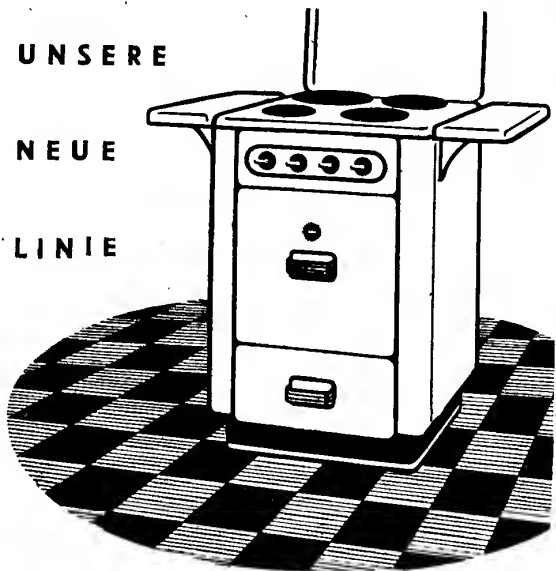


**HIMMEL-
NORM**

nach DIN 42670

HIMMELWERK A.G. TÜBINGEN WÜRTTEMBERG

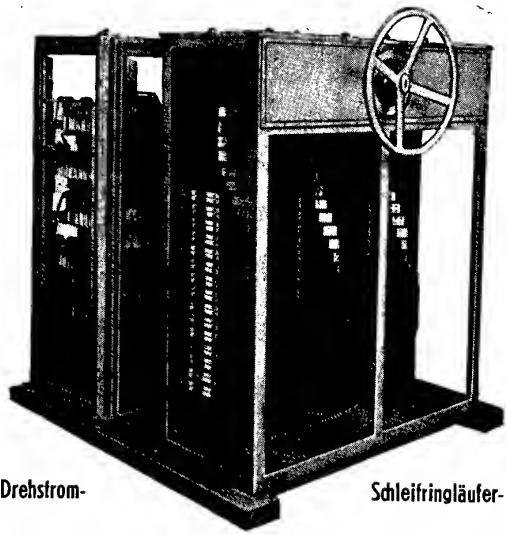
UNSERE
NEUE
LINIE



Der neue JUNO Elektroherd
hat bei seinem Erscheinen auf dem Markt das Aufsehen der Fachleute, nicht weniger aber auch die begeisterte Zustimmung der Hausfrauen gefunden. Die architektonisch schöne Form und die reife, auf jahrzehntelanger Erfahrung basierende Konstruktion machen JUNO-Geräte zu einem Verkaufserfolg für jeden Händler.

BURGER EISENWERKE GMBH BURG/DILLKR.

PO SCHALT- u. ANLASS GERÄTE



Drehstrom-

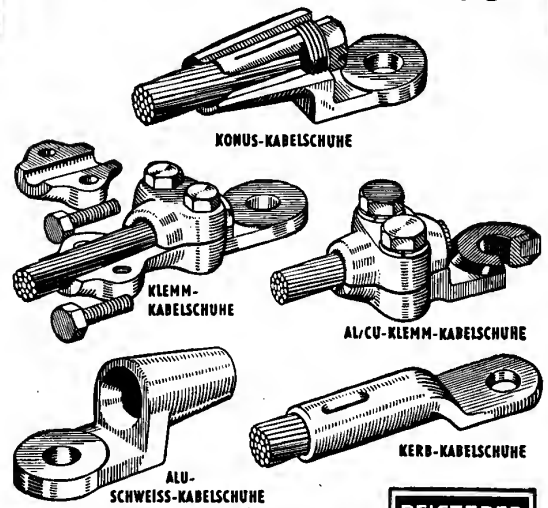
Schleifringläufer-

Regel - Anlasser

bis zu den größten Leistungen liefert
PAPE & OLBERTZ
Spezialfabrik für elektr. Schaltapparate
Efferen bei Köln



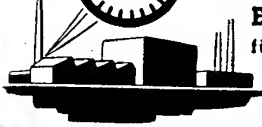
Kabelschuhe für alle Anschlüsse



KARL PFISTERER
STUTTART-UNTERTÜRKHEIM
POSTFACH 26 TELEFON 30422



Im Zeichen der Präzision



Bauknecht
Elektromotoren
für Industrie,
Gewerbe und
Landwirtschaft
bis 1000 kW

G.Bauknecht GmbH, Elektrotechn. Fabriken Stuttgart-S

Lichtquellen von Weltruf



E 11



Offene Schaltanlagen

HEBELSCHALTER
SICHERUNGEN
LEISTUNGS-
-TRENNSCHALTER
-SELBSTSCHALTER
-FERNSELBSTSCHALTER
LUFTSCHÜTZE, ÖLSCHÜTZE
KRAN- UND STRECKENSCHALTER
Ⓢ und ⓔ -GESCHÜTZTE und GEPRÜFTE
GERÄTE und ANLAGEN





HOCHSPANNUNGS-

TRENNSCHALTER
HOCHLEISTUNGSSICHERUNGEN
LEISTUNGS- TRENNSCHALTER
ÖLARME LEISTUNGSSCHALTER
ÖLSCHALTKASTEN
STÜTZER, DURCHFÜHRUNGEN,
KLEMMEN.
HANDANTRIEBE, FERNANTRIEBE



Gekapselte Verteilungen

CALOR-EMAG RATINGEN

ELEKTRIZITÄTS-AKTIENGESELLSCHAFT  FERNRUF : SA.-NR. 2872



**Wählt—
De Te We**


FERNSPRECHANLAGEN

Ämter für Orts- und Fernverkehr
Automatische Nebenstellenanlagen
Handbediente Nebenstellenanlagen
Gästdienst-Anlagen für Hotels
Reihenschaltanlagen, Chefanlagen
Hausverkehrs-Wählzentralen
Fernsprechapparate u. Zubehör
Personenruf-Einrichtungen
Ruf- und Signalmaschinen
Elektr. Uhren- und Signalanlagen
Kabel, Leitungen, Drähte
Spezial-Kleinsmotoren

Hamann Rechenmaschinen

Deutsche Telephonwerke u. Kabelindustrie AG
Berlin SO 36 · US-Sektor

LICHT UND KRAFT
DURCH



Berga
AKKUMULATOREN

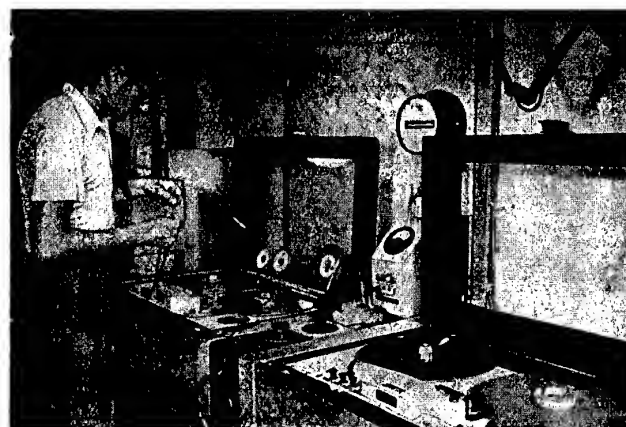
Ein
SPITZENPRODUKT
DER TECHNIK
von hoher
LEBENSDAUER
und grösster
LEISTUNG

Accumulatorenfabrik **Berga** G.m.b.H. Rastatt i.B.

**ELEKTRO-
SONDERSCHALT-
GERÄTE**



PETERREINS
SCHALTERBAU · K.G. · NÜRNBERG
LANDGRABENSTR. 34 TEL. 41745 · DRAHTWORT: SCHALTERBAU



Blick in eine Schallaufnahme des Süddeutschen Rundfunks



VOLLMEYER

MAGNETTONGERÄTE

laufen

nicht nur an vielen Rundfunksendern im In- und Ausland, sondern auch z. B. im Nationaltheater Mannheim, Staatstheater Karlsruhe, Staatstheater Stuttgart, Würtfb. Landesbühne und in vielen anderen Theatern, Filmstudios und Filmtheatern



Drehstrom-Motoren
Drehstrom-Generatoren
Gleichstrom-Motoren und -Generatoren
Drehstrom-Transformatoren
Frequenz-Umformer und -Generatoren
Schweißumformer- und -Generatoren
Komplette Schaltanlagen

Garbe, Lahmeyer & Co. Aktiengesellschaft Aachen

301-50

KWR

Kupferwalzwerk · Kupferdrahtzieherei
Lackdrähte · Isolierte Leitungen
Schwere Leitungstrossen · Bleikabel
Kabelgarnituren · Kabelmontagen

KABELWERK RHEYDT AKT.-GES. RHEYDT

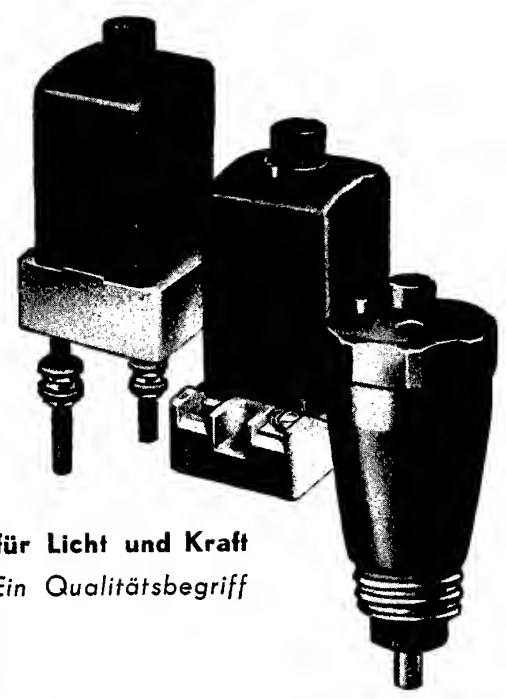
M·A·N



SCHLÜSSELFERTIGE
KRAFTWERKE

MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NÜRNBERG A.G.

ELPO - AUTOMATEN



für Licht und Kraft
Ein Qualitätsbegriff

ELLENBERGER & POENSGEN GMBH.
ALTDORF b. NÜRNBERG



WISKA

DP. ang.

"WISKA"-Neuheiten

HOPPMANN & MÜLSOW
Elektrotechnische Spezialfabrik und Presswerk Hamburg 19

KOCH & STERZEL
AKTIEN-GESELLSCHAFT

**MESSWANDLER
TRANSFORMATOREN
PRÜFANLAGEN
ESSEN**



MARKENDELLG



Müller & Ziegler

Spezialfabrik elektrischer Messgeräte

Pleinfeld

Fernruf: Pleinfeld Nr. 46

Telegramm-Adresse:

Messgeräte Pleinfeld

Wir fabrizieren wieder:

Runde Schalttafel-Aufbau- u. Einbau-Instrumente mit Dreheisen- und Drehspul-System mit Gehäuse-Durchmessern von 50—210 mm,

Quadratische Instrumente mit Quadrant-Zeiger ausschlag mit Dreheisen- und Drehspul-System mit Flanschabmessungen 144×144, 96×96 und 72×72 mm,

Quadratische Instrumente mit normalem, also stehendem Zeigerausschlag, mit Dreheisen- und Drehspul-System, mit Flanschabmessungen 144×144, 96×96 und 72×72 mm,

Elektrodynamische, eisengeschlossene **Einfach-, Zweifach- und Dreifach-Wattmeter**, ausgebildet als runde, quadratische und tragbare Ausführung,

Einfach- und Doppelzungen-Frequenzmesser, ausgebildet als runde, quadratische und tragbare Ausführung,

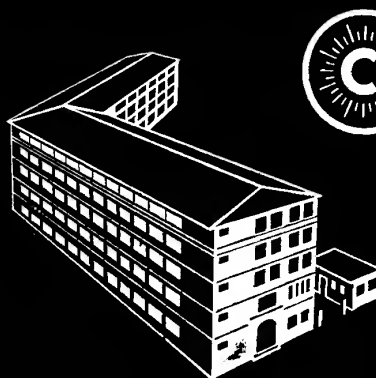
Baby-Instrumente mit Dreheisen- und Drehspul-System, als Wattmeter, Ohmmeter und verschiedene Kombinationen.

Dreifach-Instrumente, Nullvoltmeter, Doppel-Voltmeter, Kontakt-Instrumente, Schleppzeiger-Instrumente, Anzeigeelemente für Thermoelemente, Drehspul-Instrumente mit eingebautem Trockengleichrichter, separate Nebenwiderstände, Isolationsmesser mit eingebautem Kurbelinduktor, Ohmmeter.

Wir **fabrizieren ab sofort als besondere** und von dem Fachmann längst gesuchte **Neuheit:**



Prüfgerät zur Prüfung der Wirksamkeit von Erdung u. Nullung Type MG1.



CONCORDIA

HOCHSPANNUNGSGERÄTE

*

TRENNSCHALTER

LAST-TRENNSCHALTER

LEISTUNGS-TRENNSCHALTER

KONDENSATORSCHALTER

LEISTUNGSSCHALTER

HOCHLEISTUNGS-
UNTERBRECHER

*

MASTSCHALTER

FAHRBARE TRAFO-
STATIONEN

*

SCHALTANLAGEN

*

DROSSELSPULEN

INDUSTRIE-STEUER-
GERÄTE

*

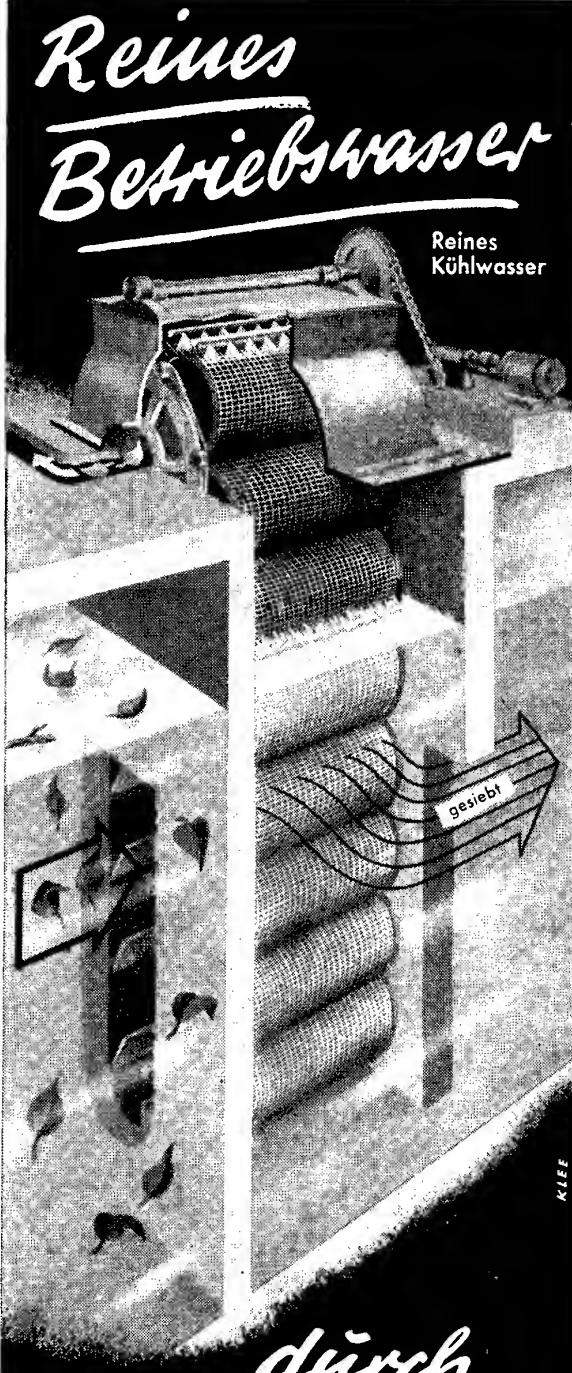
GERÄTE DER KÄLTE-
INDUSTRIE

CONCORDIA
GMBH
STUTTGART-O
TALSTRASSE 41

TECHN. AUSKUNFT WÄHREND DER TAGUNG
CONCORDIA-ING.-BÜRO HANNOVER-KESTNERSTR.11
TEL. 2 49 33

*Reines
Betriebswasser*

Reines
Kühlwasser



gesiebt

durch

**PASSAVANT-
SIEBANLAGEN**

PASSAVANT-WERKE • MICHELbacher HUTTE
(b. Michelbach, Nossau)

Gedr. **Kannemann** ^{Gie.}
Düren (Rhld) **G.m.b.H.**



**Material für Freileitungs-
und Ortsnetzbau**
Isolatorenstützen aller Art,
Freileitungssicherungen
und Trennschalter



Straßenüberspannungen
Winden, Kontaktkupplungen,
Spannschlösser, Wandarme
und Ausleger, Lichtmaste



Guß-Leuchten
für Innen- und Außenbeleuchtung
Straßenleuchten



**Ausrüstungsteile
für Schaltanlagen**
Stützer, Leitungsträger, Klemmen,
Schaltstangen, Bedienungs-
zangen, Erdungsvorrichtungen,
Isolierschemel

Kabelgarnituren
Muffen, Endverschlüsse für Hoch-
und Niederspannung, Zubehör

**Hausanschlußkästen
Übergangskästen**
Sicherungs- und Einbaukästen

UNSER GRUNDSATZ SEIT 50 JAHREN
„Gutes Licht für jeden Zweck“



Wir fertigen:
lichttechnisch hochwertige Leuchten für Industrie
und Verkehr, Anstrahlgeräte, schlagwetter- und
explosiongeschützte Leuchten, Leuchten für
Leuchtstofflampen, Diffusa-Wohnraumleuchten.

G. SCHANZENBACH & CO G.M.B.H.
LICHTTECHNISCHE SPEZIALFABRIK
FRANKFURT (MAIN) WEST 13

1. Juni 1951

Elektrotechnische Zeitschrift 72. Jahrg. Heft 11

XXV



Lepper

TRANSFORMATOREN

LEISTUNGSTRANSFORMATOREN
BIS ZU DEN GRÖSSTEN EINHEITEN
(125 MVA) NACH DIN MIT U. OHNE
LASTREGLER · NORMAL · U. REGEL-
TRANSFORMATOREN IN SPAR-
SCHALTUNG · SYMMETRIERUNGS-
BAHN · GLEICHRICHTER · U. OFEN
TRANSFORMATOREN · LUFT · U.
EISENDROSSELN · GLEICHSTROMVOR-
MAGNETISIERTE REGELDROSSELN

AUGUST *Lepper* HONNEF/RHEIN · RUF 2746/47

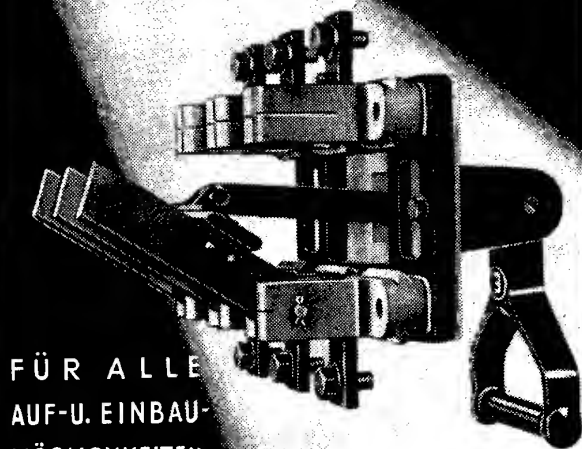


HEBELSCHALTER

100-2000A

HEBEL-UMSCHALTER

100-1000A



FÜR ALLE
AUF- U. EINBAU-
MÖGLICHKEITEN

HUNDT & WEBER G.M.B.H.
GEISWEID, KR. SIEGEN · POSTFACH NR. 465



MIX & GENEST

AKTIENGESELLSCHAFT
STUTT GART · BERLIN · SOLINGEN

Seit mehr als 70 Jahren schaffen in unseren Werken Fach-
arbeiter und Ingenieure in gemeinsamer Arbeit hochwertige
Geräte und Anlagen
der Fernsprech- und Signaltechnik
für Weit- und Nahverkehr
sowie der
Rohrpost- und sonstigen Fördertechnik

★

Wir liefern an
Post, Bahn, Bundes- und andere Behörden,
an Industrie, Handel, Verkehr und Gewerbe:

Fernsprechämter (Wähl- und Handämter der Bundespost)
jeder Art und jeden Umfanges für Orts- und Fernverkehr
Bahn-Selbstanschlußämter jeder Größe

Große, mittlere und kleine Nebenstellenanlagen
Reihenanlagen, Zwischenumschalter usw.

Trägerfrequenz-End- und -Verstärkerämter
Trägerfrequenzkabel
Rundfunk-Leitungsverstärker

Konferenz- und Rundsprechanlagen

Fernsprechapparate für alle Zwecke

Feuermelde- und Raumschutzanlagen
Optische und akustische Signalanlagen
für alle Zwecke

Elektrische Uhrenanlagen

Fernsprech- und Signalanlagen für
Bergwerke und rauen Betrieb

Automatische und handbediente Rohrpostanlagen
für Stadt und Haus

Förderanlagen für Fabrik und Büro mit
Gurt-, Platten- und Kettenförderern, Rollbahnen, Aufzügen,
Rutschen usw., auch mit fernmelde technischer Steuerung

★

20 Technische Büros in allen größeren Städten sowie zahlreiche
Baubüros beraten Sie kostenlos. Sie bauen und überwachen
Ihre Fernmelde- und Förder-Anlagen

EIN ZEICHEN



VON WELTRUF



SIEMENS & HALSKE AG · SIEMENS · SCHUCKERTWERKE AG

INHALT

Geleitwort zur Tagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Weber. 327

Hannover und die Elektrotechnik. K. Humburg. 328

Tätigkeitsbericht des VDE für 1950/51. F. Lauster. 330

Gasturbinen für Kraftwerke. K. Leist. 331

Das Thermobimetall mit besonderer Berücksichtigung der Grundlagen für die Werkstoffentwicklung. H. Fahlenbrach. 337

Elektrotechnik — Elektrizitätswirtschaft — Energiewirtschaft. H. F. Mueller. 340

Der Einfluß des Faserverlaufes auf die elektrische Verschleißfestigkeit von Wolfram-Kontakten. A. Keil u. C. L. Meyer. 343

Fernsehversuchssendungen im NWDR. W. Nestel. 346

Die ersten Regungen des elektrischen Verkehrs (1881). Fr. Heintzenberg. 349

Über Unfälle durch elektrischen Strom. O. Schneider. 351

Neufassung von VDE 0370 „Vorschriften für Isolieröle“. L. Maurer. 353

Zentrale Wählerfernsteuerung nach dem Impulsintervallverfahren. F. Nolte. 354

Die Verbesserung des Kondensatordielektrikums durch Hochvakuumbehandlung und -tränkung. P. Hochhäusler. 357

Rückblick auf die Fortschritte der Elektrotechnik

1. Hochspannungs- und Meßtechnik. E. Hueter. 362

2. Kraftwerke, Schaltanlagen und Leitungen. Fr. Stiegler. 363

3. Elektrische Maschinen, Transformatoren, Stromrichter. F. Stier. 364

4. Nachrichtentechnik. R. Feldtkeller. 365

5. Industrielle Anwendungen. L. Lebrecht. 368

Magnesiumanoden zum Schutz von Ölleitungen. 339

Verschiedenes

VDE: Neufassung von VDE 0370 „Vorschriften für Isolieröle“. 369

Sitzungskalender: 369

Persönliches: Ludwig Binder 70 Jahre. 369 — Hochschulnachrichten. 369

Buchbesprechungen: F. W. Gundlach: Grundlagen der Höchstfrequenztechnik. 369 — B. Fleck: Hochspannungs- und Niederspannungs-Schaltanlagen. 370 — F. Dietzel: Dampfturbinen. 370 — R. Ziegenberg: Handbuch des Batterie- und Elementenbaues. 370

Eingänge: 370

330

331

337

340

343 2 copies

346

349

351

353

357

362-365

368

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

72. Jahrgang

Wuppertal, 1. Juni 1951

Heft 11



Geleitwort

zur Tagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Von Oberbürgermeister Weber, Hannover

Die Stadt Hannover heißt die Teilnehmer an der Tagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker herzlich willkommen.

Bei den Anstrengungen um den Wiederaufbau unseres schwer getroffenen Vaterlandes nimmt die Elektrotechnik nicht nur eine in viele Gebiete reichende, bedeutende Stellung ein, sondern sie hat auch sehr aner kennenswerte Beiträge zum Wiederaufbau der deutschen Industrie und der deutschen Wirtschaft geleistet. Sie hat die wesentlichsten Voraussetzungen und Grundlagen dafür geschaffen, daß viele andere Industriezweige ihre Arbeit überhaupt aufnehmen und später immer mehr erweitern konnten. Ganz besonders erfolgreich ist die deutsche Elektroindustrie in ihren Bemühungen um eine Steigerung ihres Exportes gewesen. Trotz schwerer ausländischer Konkurrenz und der vielen Hemmnisse, denen die deutsche Ausfuhr noch unterworfen ist, hat sie sich wieder zu einem der exportintensivsten deutschen Industriezweige entwickelt. Das ist in erster Linie auf ihre große Leistungsfähigkeit zurückzuführen, die in der fortschrittlichen Forschungstätigkeit der Elektrotechnik und in dem hohen Leistungsstand der Elektrotechniker begründet ist. Ihr Verdienst ist es, die Voraussetzungen dafür ge-

schaffen zu haben, daß die Erzeugnisse der deutschen Elektroindustrie den Wettbewerb auf den Märkten der Welt nicht zu scheuen brauchen.

Auch die Technische Hochschule in Hannover hat durch ihre Tätigkeit als Stätte der Forschung und der Lehre auf dem Gebiete der Elektrotechnik stets ihr Ziel darin gesehen, die Bemühungen um den Fortschritt dieses Zweiges der für die deutsche Wirtschaft so bedeutenden Wissenschaft nach Kräften zu unterstützen und zu fördern.

Die Stadt Hannover hat mit der Deutschen Industriemesse eine Einrichtung geschaffen, die dazu beitragen soll, auch den Erzeugnissen der Elektrotechnik und der Elektroindustrie den Weg zu den Märkten der Welt bahnen zu helfen.

Für die bedeutende Tagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker wird die Stadt Hannover ihre Mittel einsetzen, um ihr einen würdigen Rahmen zu geben und zu ihrem Teil zu einem guten und erfolgreichen Verlauf beizutragen. Darüber hinaus hoffen wir, daß sich alle Teilnehmer dieser Tagung in unserer Stadt wohlfühlen und gern an ihren Aufenthalt in Hannover zurückdenken werden.

Hannover und die Elektrotechnik

Von K. Hamburg, Hannover

Wenn man über Hannovers Beitrag zur Entwicklung der Elektrotechnik sprechen soll, müßte man zunächst des Altmeisters der Deutschen Elektrotechnik, Werner von Siemens, gedenken, dessen Leben am 13. 12. 1816 vor den Toren der Stadt Hannover auf dem Gutshof zu Lenthe seinen Anfang nahm. Aber Siemens verließ Lenthe schon in jungen Jahren und hatte später keinen Anlaß, die Beziehungen zu seiner Geburtsstätte zu erneuern. So sind seine weltbewegenden Leistungen mit den Namen anderer Orte, insbesondere Berlins, verknüpft.

Die ersten Anfänge einer elektrotechnischen Industrie in Hannover finden wir deshalb erst sehr viel später, etwa in den Jahren 1890 „1895. Damals gründete F. Uppenborn, ein gebürtiger Hannoveraner, der spätere Schriftleiter des Zentralblattes für Elektrotechnik und der Elektrotechnischen Zeitschrift, dessen Name auch durch das Uppenborn-Kraftwerk in Moosburg bei München der Nachwelt erhalten geblieben ist, in Hannover eine Fabrik für Dynamomaschinen und Elektromotoren. Diese Fabrik ging später in andere Hände über und hatte kein langes Leben. Ungefähr gleichzeitig nahm auch die Maschinenfabrik Gebr. Körting den Bau elektrischer Maschinen auf. In dieser Firma wirkte einige Jahre Georg Dettmar, der spätere Generalsekretär des VDE und Professor an der T. H. Hannover. Auch Körting gab den Bau elektrischer Maschinen nachher bald wieder auf. Noch heute aber besteht ein kleineres damals gegründetes Fabrikationsunternehmen, die Firma W. Adler, Fabrik elektr. Apparate. Ebenso besteht heute noch eine Firma, die 1895 in Hannover gegründet wurde, nämlich die C. A. Schaefer KG., deren Abteilung Hellux insbesondere für die Straßenbeleuchtung vorbildliches geleistet hat und die trotz schwerer Kriegsschäden heute wieder in vollem Betrieb ist.

Schon einige Jahre vorher war die Telephonfabrik J. Berliner entstanden. Sie gründete auch Zweigniederlassungen in Wien, Paris und London und nannte sich seit 1898 Telephonfabrik AG., vormals J. Berliner. Das Werk wurde im Jahre 1912 in der Hauptsache nach Berlin verlegt. Die in Hannover zurückgebliebene Abteilung ging 1928 im Zuge der Zusammenlegung der deutschen Schwachstromindustrie an Mix & Genest über; kurz danach übernahm dieselbe Firma auch das Berliner Werk. Der Direktor der Telephonfabrik Jakob Berliner war auch der Gründer der Hackethal-Draht- u. Kabelwerke in Hannover. Er schloß im Jahre 1898 mit dem Telegraphendirektor a. D. Louis Hackethal einen Vertrag, wonach dessen Erfindung wirtschaftlich ausgenutzt werden sollte. Hackethals Erfindung betraf die Tränkung baumwollisolierter Telegraphendrähte mit Mennige. Mennige haftet fest an der rauhen Fläche der umspinnenden Drähte, erhärtet an der Luft sehr schnell und gibt selbst mit minderwertigen Fasern eine sehr widerstandsfähige Isolierung. Nach einer gründlichen Erprobung des „Hackethaldrabtes“ in den Werkstätten der Telephonfabrik Berliner wurde im Jahre 1900 die Hackethal-Draht-GmbH. gegründet. Die ersten kleinen Werkstätten in einem Hause in der Nikolaistraße im Zentrum der Stadt wurden 1905 durch einen Neubau an der Stader Landstraße ersetzt, wo sich die Fabrik noch heute befindet. Sie nahm damals auch die Fabrikation von gummiisolierten Leitungen und von Bleikabeln auf. Obwohl sie im zweiten Weltkrieg fast völlig zerstört wurde, ist sie heute wieder eines der bedeutendsten industriellen Werke in Hannover.

Auf dem Gebiet der Fernmeldetechnik sind in Hannover nach dem letzten Kriege zwei bedeutende Betriebe entstanden, nämlich die Telefunkn Gesellschaft für drahtlose Telegrafie mbH. und die C. Lorenz AG. Beide Firmen hatten kurz vor dem Kriege gemeinsam die Apparatefabrik Huth gegründet, welche zunächst in gemieteten Räumen in der Spinnereistraße, später in einem eigenen neuen Fabrikgebäude an der

Göttinger Chaussee Geräte für die Wehrmacht nach Modellen der beiden Gründerfirmen baute. Nach dem Kriege übernahmen diese beiden Firmen je einen Teil der Fabrikanlagen an der Göttinger Chaussee. Die Firma Telefunkn, dem Konzern der AEG angehörig, baut hier vor allem Rundfunkgeräte, während die Firma Lorenz, dem Standardkonzern angeschlossen, Fernschreibmaschinen und Apparate für postalische Zwecke baut.

Vielleicht noch wichtiger als die elektrotechnische Industrie sind in Hannover die Stromversorgungsunternehmen. Die älteste von ihnen ist das Städt. Elektrizitätswerk Hannover, welches schon 1890 entstanden ist, damals auf Rat Prof. Kittlers als reines Gleichstromwerk. Ein Schüler Kittlers, Gusinde, übernahm die Bauleitung. Das Werk wurde in der Osterstraße mitten in der Stadt auf einem Hintergelände errichtet, während das Vorderhaus die Büroräume aufnahm. Es konnte nur den Stadtkern mit Strom versorgen. Die weiter außen liegenden Wohn- und Geschäftshäuser mußten weiter die Gasbeleuchtung benutzen. Aber auch der Betrieb des Werkes machte Schwierigkeiten. Die Kohlenzufuhr vom Güterbahnhof durch die Stadt war teuer und umständlich, und die Akkumulatorenbatterien nahmen viel Platz in Anspruch. Unter Gusindes Nachfolger, Prückner, wurde deshalb im Jahre 1901 in Herrenhausen am Rande des Stadtgebietes ein Drehstromwerk errichtet. Dort konnten die Kohlen durch einen Bahnanschluß ins Werk gebracht und später nach Eröffnung des Mittellandkanals auf dem Wasserwege bis nahe an das Werk herangeführt werden. Im alten Werk an der Osterstraße wurden Kessel und Dampfmaschinen entfernt und dafür zwei Umformer aufgestellt, welche den Kern der Stadt noch lange mit Gleichstrom versorgten. Das Drehstromwerk Herrenhausen wurde in den folgenden Jahrzehnten immer weiter vergrößert und vervollkommen. Die Kesselanlage, die ursprünglich für 12 atü und 400 °C bemessen war, wurde im Jahre 1940 ergänzt durch 4 Hochdruckkessel für 60 atü und 500 °C mit moderner Unterwind-Zonen-Wanderrost-Feuerung. Im Jahre 1950 kamen zwei weitere Hochdruckkessel mit Kohlenstauffeuerung hinzu, so daß jetzt die alten Mitteldruckkessel jede Bedeutung verloren haben und nur noch zur Spitzendeckung mit herangezogen werden. Die Maschinenanlage wurde allmählich auf eine installierte Leistung von 90 000 kVA gebracht. Die Schaltanlage, ursprünglich nur für die Maschinenspannung von 5000 V gebaut, wurde schon vor langer Zeit durch eine 30 kV-Schaltanlage ergänzt. Das 30 kV-Netz speist eine Anzahl in der Stadt verteilter Unterstationen.

Neben dem Städt. Elektrizitätswerk bestand in Hannover schon in sehr früher Zeit eine eigene Stromversorgungsanlage der Straßenbahn. Die Straßenbahn baute um die Jahrhundertwende mehrere Linien in die weitere Umgebung von Hannover. Da lag es nahe, daß die an der Strecke liegenden Ortschaften auch von der Straßenbahn mit Strom versorgt wurden. Es entstand die „Überlandwerke und Straßenbahnen Hannover AG.“. Auch heute, nachdem die Straßenbahn sich wieder auf ihre ursprüngliche Aufgabe der Bedienung des Nahverkehrs zurückgezogen hat, ist diese Firmenbezeichnung erhalten geblieben. Der Stromversorgungsbetrieb wurde, im Jahre 1929 vom Straßenbahnbetrieb getrennt und mit dem Überlandwerk Braunschweig vereinigt zur Hannover-Braunschweigischen Stromversorgungs-AG., welche später noch eine Reihe weiterer Bezirke in ihren Arbeitsbereich aufnahm und heute einen erheblichen Teil des Landes Niedersachsen mit Strom versorgt.

Die Hastra betreibt heute keine eigenen Kraftwerke, sondern bezieht den Strom aus dem Netz der Preußischen Elektrizitäts-AG. (Preag). Diese entstand im Jahre 1927 durch die Zusammenfassung aller dem Preußischen Staat gehörenden Interessen und Anlagen der Stromversorgung im Gebiet

der heutigen Bundesländer Hessen und Niedersachsen. Einige Jahre vorher, im Jahre 1923, hatte der Preussische Staat am Mittellandkanal in Ahlem, vor den Toren Hannovers, nur 1,5 km vom Städtischen Werk in Herrenhausen entfernt, ein „Großkraftwerk Hannover“ gebaut mit einer installierten Leistung von 40 000 kW, die später auf 52 000 kW erweitert wurde.

Weitere zur Versorgung des süd-niedersächsischen Raumes dienende Kraftwerke der Preag entstanden in größerer Entfernung von Hannover, in Rhumspringe am Südharz und in Lahde bei Minden an der Weser. Sie sind heute imstande, nicht nur das engere Versorgungsgebiet zu beliefern, sondern auch benachbarte Gebiete mit ungenügender Leistungsdarbietung zeitweise zu unterstützen.

Hierzu steht ein Netz von 220 kV-Leitungen zur Verfügung, welches im niedersächsischen Raum zwei wichtige Knotenpunkte hat, in Ahlten bei Lehrte und in Biederde beim Kraftwerk Lahde. In Ahlten kreuzt die Nord-Süd-Leitung Lübeck-Hannover-Kassel, die über Frankfurt auch Verbindung mit den bayrischen Wasserkraftwerken hat, die Ost-West-Leitung Helmstedt-Ruhrgebiet, deren Verbindung mit der Ostzone z. Zt. allerdings nicht benützt wird. Im Westen führt diese Leitung zunächst nach Biederde, von wo sie Verbindung mit dem Netz des RWE hat.

In einer noch so kurzen Skizze über Hannovers Bedeutung für die Elektrotechnik darf auch die Technische Hochschule Hannover nicht unerwähnt bleiben. Hier wirkte seit 1884 Professor Wilhelm Kohlrausch. Er war, wie die meisten damals berufenen Professoren der Elektrotechnik, aus der Physik hervorgegangen. Seine besonderen Leistungen auf dem Gebiet der Theorie des Akkumulators und auf dem der Korrosionsbekämpfung lassen noch die ursprüngliche physikalische Richtung erkennen. Aber seine technische Einstellung zeigte sich sofort darin, daß er als erster an der Hannoverschen Hochschule ein Laboratorium mit Maschinenbetrieb einrichtete. Mit Energie und Humor wies er die Einwendungen seiner Kollegen gegen die dadurch verursachte Ruhestörung zurück. Sein Grundsatz war, daß eigene Arbeiten im Laboratorium den Studenten viel wirkungsvoller fördern als Vorlesungen. An der elektrotechnischen Abteilung der Technischen Hochschule Hannover ist deshalb seit jeher und noch bis heute der Laboratoriumsbetrieb mehr betont worden, als an den meisten anderen deutschen Technischen Hochschulen.

An weiteren Dozenten für Elektrotechnik an der Technischen Hochschule Hannover sind zu nennen: Carl Heim, der zunächst Sondervorlesungen über verschiedene Gebiete der Elektrotechnik hielt und später vor allem über elektrische Maschinen und elektrische Anlagen vortrug, Erich Beckmann, der seit 1901 über Meßkunde und seit 1921 über Fernmeldetechnik dozierte, und Georg Dettmar, der nach 15jähriger Tätigkeit als Generalsekretär des Verbandes Deutscher Elektrotechniker im Jahre 1921 als Nachfolger Heims die Professur für elektrische Anlagen übernahm und das Institut für Elektrowärmetechnik gründete. Heute wirken an der Technischen Hochschule Hannover Professor Harald Schering auf dem Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Hochspannungstechnik, Professor Karl Humburg auf dem Lehrstuhl für elektrische Maschinen und Professor Hans Schönfeld auf dem Lehrstuhl für Fernmeldetechnik und Hochfrequenztechnik.

Die Technische Hochschule Hannover hat durch den Krieg schweren Schaden erlitten. Das Institut für elektrische Anlagen und das Institut für Fernmeldetechnik waren in den letzten Kriegsjahren ausgelagert nach Lautenthal im Harz und nach Hilkerode bei Herzberg am Harz. An diesen Orten konnten die Institute nur in beschränktem Umfang arbeiten. Der Zweck der Verlagerung, die wertvollen Geräte möglichst vor Kriegseinwirkungen zu schützen, wurde trotzdem nur unvollständig erreicht. Nach dem Kriege mußten die verbliebenen Einrichtungen in stark zerstörte Räume zurückgebracht werden, so daß der Institutsbetrieb erst langsam wie-

der anlaufen konnte. Heute sind zwar die Räume noch längs nicht alle wieder aufgebaut, aber der Lehr- und Forschungsbetrieb ist doch in erfreulichem Umfang wieder im Gang.

Vielfach sind die Beziehungen, die den Verband Deutscher Elektrotechniker mit Hannover verbinden. Zu den Gründern des VDE gehört auch die Elektrotechnische Gesellschaft Hannover. Sie war im Jahre 1892 entstanden, wobei schon im Gründungsprotokoll der Anschluß des Vereines an einen zu gründenden Verband in Aussicht genommen wurde. Im folgenden Jahr 1893 kam dann auch die Gründung des Verbandes zustande. Der hannoversche Verein legte anfangs mehr Wert auf gesellige Veranstaltungen und Stiftungsfeste; erst später bekam die Vortragstätigkeit das Übergewicht. Bei Gelegenheit des 6. Stiftungsfestes (1898) wurde am Geburtshaus Werner von Siemens in Lenthe eine Gedenktafel angebracht. Sie ist noch heute dort zu sehen, wird aber leider wenig beachtet, und auch in Fachkreisen ist die Tatsache, daß Werner von Siemens hier geboren wurde, nur wenig bekannt. Ähnliche Gedenktafeln wurden 1903 am Geburtshaus Heinrich Daniel Rühmkorffs in der Roten Reihe und 1929 am Geburtshaus Heinrich Goebels in Springe angebracht. Rühmkorff ist bekannt als Erfinder des Funkeninduktors. Goebel hat bekanntlich viele Jahrzehnte vor Edison die erste elektrische Glühlampe mit Bambusfasern hergestellt.

Zweimal haben bisher Jahresversammlungen des VDE in Hannover stattgefunden, in den Jahren 1899 und 1920. 1899 war das Programm der Jahresversammlung verglichen mit dem heutigen noch nicht allzuviel durch Arbeit belastet. Nur an zwei Vormittagen fanden Versammlungen statt, in welchen nach den geschäftlichen Mitteilungen auch Vorträge geboten wurden. Sonst aber verzeichnet der Festplan eine Begrüßungsfeier mit Konzert und Aufführungen, ein Sommerfest mit Doppelkonzert und Feuerwerk, eine Korfahrt durch Hannover und ein Festessen. Beschlossen wurde diese Tagung durch einen Ausflug auf den Brocken mit einer „elektrischen Walpurgisnacht“, bei der „Motoren, Dynamos, Hexen, Irrlichter, Scheinwerfer und sonstige Gespenster aus der Fabrik der Herren Gebr. Körtling, Körtlingsdorf b. Hannover“ auftraten. Damals war Dettmar Vorsitzender der elektrotechnischen Gesellschaft Hannover.

Die Jahresversammlung im Jahre 1920, unmittelbar nach dem ersten Weltkrieg, fand im Rahmen einer „elektrischen Woche“ unter Beteiligung mehrerer anderer Verbände statt. Dettmar war wiederum maßgeblich beteiligt, diesmal als Generalsekretär des Verbandes. Vorsitzender der elektrotechnischen Gesellschaft war jetzt Kohlrausch. Die Arbeitsveranstaltungen fanden diesmal im Alten Rathaus statt, in Räumen, die leider durch den zweiten Weltkrieg zerstört und bis jetzt noch nicht wieder hergerichtet sind. Für die Festveranstaltungen diente teils ebenfalls der alte Rathaussaal, teils die Stadthalle und der Tiergarten. Ein Ausflug nach Minden zur Besichtigung der Überführung des Mittellandkanals über die Weser mit Pumpwerk und Sparschleuse beschloß die Tagung.

Wenn jetzt, nach 31 Jahren, die Jahresversammlung des VDE wieder einmal in Hannover tagt, wird sie wesentlich veränderte Verhältnisse vorfinden. Trotz Kriegszerstörungen und wirtschaftlichem Zusammenbruch nach dem Kriege ist die Elektrotechnik in Hannover in allen ihren Sparten, Industrie, Stromversorgung, Hochschule, wieder auf voller Höhe. Den Teilnehmern kann und wird viel gezeigt werden, soviel, daß leider keiner alles hören und sehen kann. Die Tagesordnung ist, sowohl was die Fachvorträge wie auch was die Besichtigungen und Exkursionen betrifft, einer reichhaltigen Speisekarte zu vergleichen, aus der jeder Gast jeweils nur wenige Gerichte aussuchen kann. Die elektrotechnische Gesellschaft Hannover entbietet den Teilnehmern an der Jahresversammlung ihren Gruß und hofft, daß jeder auf seine Kosten kommen und später mit Befriedigung auf die dritte hannoversche Tagung zurückblicken wird.

Tätigkeitsbericht des VDE für 1950/51

Von F. Lauster, Frankfurt a. M.

Seit der VDE-Jahresversammlung in Köln ist ein Jahr verflossen, das der inneren Ordnung und Festigung des Verbandes gewidmet war. Es begann mit der örtlichen Zusammenlegung aller Dienststellen des VDE, die im Juni 1950 in ihren neuen Räumen in Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, einen endgültigen Sitz fanden. Ein Stockwerk von etwa 800 m² Grundfläche, von denen knapp 50% auf die Prüfstelle entfallen, steht zur Verfügung, so daß die hauptamtlichen Kräfte, die in den Nachkriegsjahren viele Opfer auf sich nehmen mußten, nun unter geordneten Arbeitsbedingungen ihren Aufgaben nachgehen können.

Auch die finanzielle Lage des Verbandes konnte soweit geordnet werden, als die dringendsten außerordentlichen Aufgaben durch eine einmalige Spendenaktion der korporativen Verbandsmitglieder einigermaßen abgedeckt werden konnten und die ordentlichen Ausgaben durch Eingang von Beiträgen und Gebühren zum größten Teil ausgeglichen wurden. Leider steht die Geschäftsstelle vor ernststen Problemen, falls die augenblickliche Preis- und Lohnerhöhungswelle keinen baldigen Stillstand erfährt. Es muß an das Verständnis der Mitglieder für diese Situation appelliert werden, falls trotz ernststen Bemühens und größter Sparsamkeit eine Erhöhung der Beiträge und Gebühren zu gegebener Zeit notwendig wird.

Die Vermögenslage des Verbandes erfuhr dadurch eine Klärung, daß das bisher beschlagnahmte Berliner Vermögen des ehemaligen VDE ab 1. 4. 51 in deutsche Hände überging und von dem Elektrotechnischen Verein Berlin verwaltet wird.

Auch dem Verbandsschrifttum kommt eine Neuregelung zugute, die ab Dezember 1950 im VDE-Verlag Platz griff. Die Anteile des Verlags gingen restlos in die Hände des VDE über. Inzwischen erschien der erste Teilband des VDE-Vorschriftenwerkes. Zwei weitere Teilbände werden noch im Laufe des Jahres 1951 folgen. Die rückständigen Fachberichte für 1949 und 1950 konnten herausgegeben und ein VDE-Mitgliederverzeichnis zu dieser Jahresversammlung vorgelegt werden.

Neben dem „Elektrotechniker (ELT)“, der dem Praktiker und Installateur usw. dienen soll, stellte die „Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ)“ das traditionelle Verbandsorgan und damit auch das wesentlichste Verlagsobjekt des VDE-Verlags dar. Trotz einer Papierpreiserhöhung von wenigstens 130% gelang es dem VDE-Verlag, den Bezugspreis der ETZ unverändert zu halten, obgleich dieser schon sehr niedrig lag.

Während die Schaffung dieser inneren Ordnung des VDE im wesentlichen die Aufgabe des Generalsekretariats war, konnte sich die Vorschriften- und Prüfstelle in hohem Maße einer gesteigerten Aufbau-Tätigkeit widmen.

Von der VDE-Vorschriftenstelle werden z. Zt. 27 Kommissionen, 48 Arbeitsausschüsse und zwei weitere Ausschüsse (Technischer Ausschuß und Deutscher Ausschuß für CEE-Fragen), d. h. insgesamt 77 Ausschüsse betreut, in denen rd. 500 Fachkollegen nach wie vor ehrenamtlich mitarbeiten und damit dem Verband und der Deutschen Elektrotechnik wertvolle Dienste leisten. Im Durchschnitt mußten bis zu 25 Sitzungstage im Monate wahrgenommen und die Federführung von z. Zt. vier Sachbearbeitern und drei Schreibkräften bewältigt werden. Wenn auch der eine oder andere Interessentenkreis eine schnellere Abwicklung im Vorschriftenwesen sich erhofft, so mögen die angegebenen Zahlen beweisen, daß der Gesamtheit zweifellos gedient wurde, ohne daß vielleicht der Einzelne einen deutlichen Fortschritt verspürte.

Die geleistete Arbeit findet ihren Ausdruck darin, daß 11 neubearbeitete VDE-Bestimmungen, nämlich VDE 0100U/2.51, 0208/1.51, 0209/1.51, 0210n/2.51, 0250/1.51, 0255/2.51, 0284/1.51, 0472/1.51, 0530d/2.51, 0725U/7.50, 0890/2.51) als Sonderdrucke beziehbar sind, daß

2 weitere VDE-Bestimmungen beraten und geändert wurden und 27 VDE-Bestimmungen nach Beratung außer Kraft gesetzt werden konnten.

Weiterhin erschienen als Sonderdrucke 4 neue VDE-Druckschriften (nämlich: VDE 0020/3.51, 0022/3.51, 0024/2.51, 0134/10.50) und als Entwürfe 6 neubearbeitete VDE-Bestimmungen (nämlich: VDE 0131/...51, 0127/...51, 0510/...51, 0667/...51, 0671/...51, 0875/...51). Schließlich wurden Änderungen an 21 VDE-Bestimmungen nach Beratung zur Stellungnahme in der ETZ bekanntgemacht.

Der Deutsche Ausschuß für CEE-Fragen, der von der Vorschriftenstelle betreut wird, veranlaßte, daß 9 Arbeitskreise innerhalb bestehender Kommissionen gebildet wurden, die zu den CEE-Bestimmungen soweit Stellung nehmen, als der VDE diese Bestimmungen im Entwurf erhielt. Leider glückte es noch nicht, die bisherige mehr private und beratende Tätigkeit der deutschen Fachkreise in eine offizielle Mitgliedschaft innerhalb der CEE umzuwandeln. Es besteht die Hoffnung, daß auch dieser endgültige Schritt in nicht mehr allzuweiter Ferne liegt.

Auch die VDE-Prüfstelle konnte mit dem Einzug in die neuen Räume ihre Tätigkeit wesentlich aktivieren und mit Nachdruck an die Anschaffung der apparativen Einrichtung herangehen.

Im Berichtsjahr wurden Einrichtungen und Geräte im Wert von etwa 35000.— DM in Auftrag gegeben, von denen bereits ein größerer Teil nunmehr in Betrieb ist. Auch die büromäßige Abwicklung konnte trotz des zunehmenden Geschäftsganges reibungslos vonstatten gehen.

Die Anschaffungen können selbstverständlich noch in keiner Weise mit der früheren Ausstattung der VDE-Prüfstelle verglichen werden, sondern werden erst im Rahmen der zur Verfügung stehenden Geldmittel auf den erforderlichen Endzustand gebracht werden müssen. Aus diesem Grund war es auch noch nicht möglich, alle Prüfungen in eigenen Prüffeldern durchzuführen; vielmehr mußte auf die bereitwillige Hilfestellung durch auswärtige Prüfstellen nach wie vor zurückgegriffen werden, die in den Nachkriegsjahren bereitwilligst sich zur Mitarbeit zur Verfügung gestellt hatten. Wir sind diesen Organisationen für ihre Unterstützung zu verbindlichem Dank verpflichtet, hoffen jedoch, sie im Laufe des kommenden Jahres schrittweise von dieser Arbeit entlasten zu können, soweit es unsere eigenen Einrichtungen zulassen.

Neben der Einrichtung der Prüfräume wurde auch eine neue Werkstätte in einem Umfang ausgestattet, der es erlaubt, die erforderlichen Prüfeinrichtungen und Hilfsgeräte selbst zu fertigen.

Auch in formaler Hinsicht konnte wieder eine sichere Grundlage für die Arbeiten der Prüfstelle dadurch geschaffen werden, daß die bekannten VDE-Verbandszeichen, insbesondere in Form des Dreiecks und des VDE-Kennfadens, wieder patentrechtlich gesichert sind.

Einige Zahlen mögen die Tätigkeit der VDE-Prüfstelle während des Berichtsjahres erläutern. Es gingen rund 500 Anträge ein, von denen sich 94% auf Zeichenprüfung und 6% auf Gutachten bezogen. Nur 15% mußten wegen großer Mängel abgelehnt werden, während der Rest sofort oder nach Behebung einiger Mängel genehmigt werden konnte.

Durch die im Berichtsjahr erteilten Voll- und Teilgenehmigungen erhöht sich die Gesamtzahl aller z. Zt. laufenden Genehmigungen, — d. h. einschließlich der aus früheren Jahren übernommenen Genehmigungen — auf insgesamt etwa 4750. Knapp die Hälfte davon entfällt auf Teilgenehmigungen.

Neben den Prüfungen zählen bekanntlich die laufenden Werkkontrollen zu den wesentlichen Aufgaben der VDE-Prüfstelle. Nachdem im 2. Halbjahr 1950 einige zusätzliche Neueinstellungen möglich waren, konnten sich die Beauftragten vermehrt den Kontrollbesuchen zuwenden, so daß im

Berichtsjahr eine Steigerung der durchgeführten Kontrollbesichtigungen und Prüfungen um etwa 150% gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen ist. Um den früheren Stand zu erreichen, ist aber noch eine weitere Steigerung erforderlich. Die Arbeiten der VDE-Prüfstelle sind also wesentlich aktiviert worden. Es ist zu hoffen, daß sie dazu beitragen, den deutschen elektrotechnischen Erzeugnissen ihre alte Anerkennung zu verschaffen.

Mit diesem Bericht verlassen wir ein Jahr der inneren

Konsolidierung des VDE und treten in ein Jahr ein, das der Auswertung geschaffener Grundlagen und Voraussetzungen gilt. Ein Erfolg wird im kommenden Jahr gesichert sein, wenn wiederum den hauptamtlichen Organen des Verbandes die bewährte Schar ehrenamtlicher Mitarbeiter zur Verfügung steht, sei es in Form von Vereinsvorständen, Kommissions- und Ausschuß-Mitgliedern usw. Ihnen sei für ihre rastlose und uneigennützig Tätigkeit am Schluß dieses Berichts ganz besonderer Dank zum Ausdruck gebracht.

Gasturbinen für Kraftwerke

Von K. Leist, Aachen

DK 621.311.23

Übersicht. Die Grundlagen der Gasturbinen-Verfahren, ihre Bauformen und ihre Wirtschaftlichkeitsbedingungen werden kurz zusammenfassend erläutert. Die Vorteile, die die Gasturbine für Anlagen zur Stromerzeugung aufweist, werden an Hand von Vergleichsbetrachtungen mit Dampfkraftanlagen erörtert. Einige interessante Gasturbinen-Kraftwerksanlagen, über die Einzelheiten bekannt geworden sind, werden beschrieben.

Neben der Ausführung als reine Gas- oder Luftturbine sind in der letzten Zeit eine Anzahl abgewandelter und kombinierter Arbeitsverfahren für den Kraftwerksbetrieb zur Diskussion gestellt worden, auf deren Behandlung jedoch mit Rücksicht auf den verfügbaren Raum zu Gunsten der Übersicht über die Grundlagen verzichtet werden mußte.

Die Gasturbine ist eine der wenigen Kraftmaschinen, die noch nicht auf eine jahrzehntelange Entwicklung zurückblicken und deren Ausführungsformen und Aussichten daher noch umstritten sind, deren Entwicklungskurve jedoch da durch noch einen besonders steilen Anstieg aufweist.

Kritische Betrachtung

Die Beurteilung der Gasturbine hat im Augenblick ein interessantes Stadium erreicht. Nach den augenfälligen Erfolgen der Flugzeug-Antriebsturbinen in und nach dem Kriege ergab sich ein hemmungsloser Optimismus auch bezüglich anderer Anwendungsgebiete, obgleich das Strahltriebwerk von der Grundlast-Großleistungsmaschine eines Elektrizitätswerks sich fast noch mehr unterscheidet, als beispielsweise der Automotor von der Groß-Dieselmachine. Dies gilt sowohl für die Ausbildung der Gesamtanlage (Anwendung von Wärmetauschern, Zwischenerhitzern, Mehrturbinenanordnungen usw.), wie auch für die Zielsetzung der Entwicklung in Bezug auf Wirtschaftlichkeit, Einheitsgewicht, Lebensdauer usw. So zeigt sich nun, daß die Erfahrungen, die bei den kurzlebigen Flugzeuganlagen gesammelt wurden, und auch das Tempo ihrer Entwicklung nicht einfach übertragbar sind auf ortsfeste Großanlagen, die in jahrzehntelangem Dauerbetrieb zuverlässig und betriebssicher arbeiten müssen, und daß neuartige Regelungsfragen, Verschmutzungsprobleme, weiter insbesondere die Frage der Benutzbarkeit billiger Brennstoffe und viele andere Aufgaben hinzutreten.

Vor allem sind die Werkstoffanforderungen bei einer so hohen geforderten Lebensdauer nicht nur viel schwieriger und mit viel größerem Geldaufwand zu befriedigen, sondern allein die Feststellung der zulässigen Beanspruchungswerte, die der Konstrukteur einsetzen kann, erfordert einen ungeheuren Zeitaufwand, ja eigentlich eine Versuchsdauer von der Größenordnung der geforderten Lebensdauer. Dazu kamen neuere Mitteilungen über Korrosionsschäden (hauptsächlich durch Vanadiumverbindungen im Verbrennungsgas). Durch all diese Umstände entstand an vielen Stellen ein gewisser Rückschlag in den Prognosen, der jedoch teils über das richtige Maß hinauschießt. Wie vielfach bei psychologisch beeinflussten Vorgängen unterliegt die Kritik der Aussichten einer gewissen Wellenbewegung unabhängig von der technischen Entwicklung, welche in zähem, Schritt für Schritt jede weitere Stufe erklimmendem, Aufstieg begriffen ist.

Gewiß ist auf dem Wege der Gasturbinen die Grundlastmaschine eines der letzten und schwierigsten Ziele, die erstrebt werden können, und es wäre verfrüht, besonders in Bezug auf die offene Verbrennungsturbine, wenn man sagen wollte, die Gasturbine als Kraftwerks-Großleistungsanlage ist vorhanden. Aber auch hierfür sind die Aussichten standortbedingt und insbesondere von der geographischen Lage zur Kohle oder zum Öl beeinflusst. Neben der selbstverständlichen Forderung einer ausreichenden Lebensdauer stehen eine Reihe von Vergleichspunkten mit anderen Maschinengattungen im Vordergrund der Beurteilung. Das sind beispielsweise die Wirtschaftlichkeit, Bauvolumen, Fundamente, Gewicht, Erstellungskosten, unterbringbare Grenzleistung, Wartungskosten, Regelbarkeit und Teillastwirtschaftlichkeit, schnelle Betriebsbereitschaft, Verfügbarkeit des Kraftstoffs, Wasserverbrauch usw.

Ausführungsformen

Die genannten Forderungen werden nun von den einzelnen Ausführungsformen der Gasturbine in unterschiedlichem Maße erfüllt, und die wechselnden Kombinationen von Eigenschaften bei den verschiedenen Arbeitsverfahren, Schaltungs- und Bauarten ergeben unterschiedliche Anwendungsbereiche. Wenn im folgenden eine kurze Übersicht über die hauptsächlichsten Gasturbinenschaltungen gegeben wird, so ist dabei die intermittierend verbrennende Verpufungsturbine fortgelassen, die, wie beispielsweise die Holzwarthturbine, eine Gleichraumverbrennung in geschlossener Brennkammer durchführt, da diese Bauart durch die großen Erfolge der Gleichdruckturbine in den Hintergrund gedrängt wurde.

Bei den Gleichdruckturbinen, bei denen also eine kontinuierliche Verbrennung bei stetigem Durchfluß durch die Brennkammer mit konstantem Druck stattfindet, werden die offenen und die geschlossenen Arbeitsverfahren unterschieden, außer denen es noch mannigfaltige Prozesse gibt, die die Merkmale beider Grenzfälle in verschiedener Weise kombinieren (Sulzer u. a.).

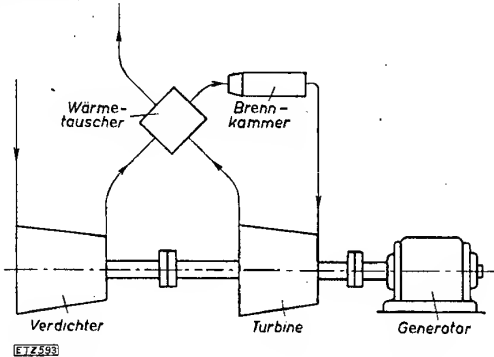


Bild 1. Schema des offenen Arbeitsprozesses.

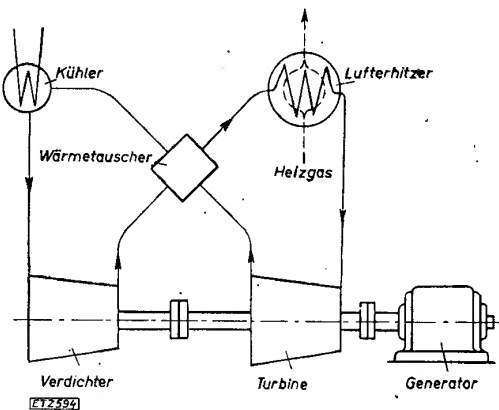
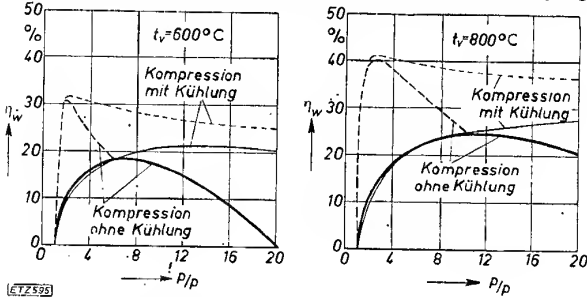


Bild 2. Schema des geschlossenen Arbeitsprozesses.

Beim offenen Arbeitsverfahren (Bild 1) wird Luft aus der Atmosphäre gesaugt, im Kompressor verdichtet, mit Brennstoff verbrannt und der Turbine zugeführt, wo sie expandiert, gegebenenfalls in einem Wärmetauscher die verdichtete Luft aufheizt und dann abströmt. Beim geschlossenen Kreislauf wird die innere Verbrennung ersetzt durch eine äußere, also eine Aufheizung des Arbeitsstoffes (meistens Luft, daher in diesem Falle auch Luftturbine genannt), durch Wände hindurch im sogenannten Luftherhitzer, wobei das entspannte und nicht verunreinigte Medium hinter Turbine und Wärmetauscher in einem Endkühler auf die Ansaugtemperatur heruntergekühlt und dem Verdichter wieder zugeführt wird (Bild 2).

Bezüglich eines Vergleichs beider Bauarten sei kurz erwähnt, daß als Vorteile der offenen Anlagen anzusehen sind: die geringen Baugewichte infolge der kleinen Brennkammern für innere Verbrennung, die größere Einfachheit und die dadurch geringeren Herstellungskosten der Anlage (z. B. geringere Zahl von Wärmetauschern), sowie die bessere Entwicklungsmöglichkeit in Richtung auf höhere Temperaturen, während der geschlossene Kreislauf sich auszeichnet durch Verwendbarkeit jedes Brennstoffes bis zur Stückkohle und zum Torf, durch Fortfall von Verunreinigungen von Verdichter und Turbine, sowie durch besonders gute Wärmeübertragungsverhältnisse in den Wärmetauschern. Auch kann bei einem völlig geschlossenen System vorteilhafterweise durch eine Verlegung des ganzen Arbeitsvorganges auf ein höheres Druckniveau (bei Aufrechterhaltung des Druckverhältnisses) infolge Verkleinerung des arbeitenden Volumens das Maschinengewicht gesenkt oder die installierbare Leistung vergrößert werden. Durch einen Wechsel des Druckniveaus und damit des arbeitenden Gewichtes im Betrieb wird eine außerordentlich wirtschaftliche Leistungsregelung möglich (A.K.-Anlage von Escher-Wyss).

Unabhängig von den gewählten Arbeitsverfahren wird die Wirtschaftlichkeit der Gasturbinenanlage sehr stark beeinflusst von den Wirkungsgraden der drei Einzelsvorgänge



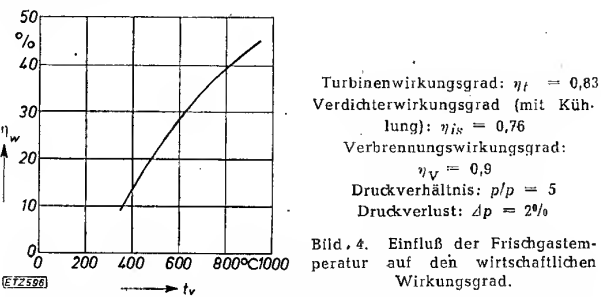
Turbinenwirkungsgrad: $\eta_t = 0,85$
Verdichterwirkungsgrad (ohne Kühlung): $\eta_{ad} = 0,85$
Verdichterwirkungsgrad (mit Kühlung): $\eta_{is} = 0,76$
Verbrennungswirkungsgrad: $\eta_v = 0,9$
Druckverlust: $\Delta p = 0$
Temperaturdifferenz im Wärmetauscher: $\Delta t = 40^\circ\text{C}$

Bild 3. Wirtschaftliche Wirkungsgrade verschiedener Gleichdruckprozesse.

(Verdichtung, Verbrennung, Entspannung), sowie von der Höchsttemperatur des Prozesses. Aus diesem Grunde müssen alle Mittel, wie Verbesserung der Dauerstandfestigkeit der Werkstoffe, Kühllhaltung der mechanisch hoch beanspruchten Teile (ev. Schaufelkühlung) usw., ausgenutzt werden, um die Betriebstemperatur steigern zu können. Auch das Druckverhältnis der Anlage, also das Verhältnis zwischen dem Höchst- und dem Tiefstdruck des Prozesses hat einen starken Einfluß, der jedoch nicht einer eindeutigen Tendenz entspricht, sondern von verschiedenen physikalischen Größen, Betriebseigenschaften usw. abhängt. Das Bild 3 zeigt für eine Höchsttemperatur des Prozesses von 600 bzw. 800 °C den wirtschaftlichen Wirkungsgrad η_w (vom Brennstoff bis zur Kupplung) abhängig vom Druckverhältnis für verschiedene Zustandsänderungen der Kompression (bei den angegebenen Daten) mit (gestrichelt) und ohne Regeneration. Hierbei ist die Größe des Wärmeaustauschers durch die Temperaturdifferenz Δt gekennzeichnet, die zwischen dem heizenden Abgas und der aufzuheizenden Luft besteht. Im Vergleich zu den Werten der Kurven sei erwähnt, daß mit Dampfkraftanlagen $\eta_w = 30\%$ und mit Dieselmotoren 40% nur selten überschritten werden.

Der ausschlaggebende Einfluß der Höchsttemperatur t_v des Prozesses auf η_w ist aus der Kurve in Bild 4 zu erkennen, die für die daneben angegebenen Betriebsdaten sowie für gekühlte Kompression und eine Regeneration auf $\Delta t = 40^\circ\text{C}$ gilt.

Für beide Grundverfahren ergeben sich, sofern Regeneration angewandt wird, Vorteile bei einer Annäherung sowohl des Kompressions- wie des Expansionsvorganges an die Isotherme (erstere durch Kühlung, letztere durch Zwischenenerhitzung). Die Zahl der Schaltungsvarianten für die Ausführung von Gasturbinenprozessen ist groß, die sich bereits heute ergibt aus Mehrgehäusigkeit von Turbine und Verdichter, Trennung von Kompressorantriebsturbine (Drehzahl veränderlich) und Nutzturbine (Drehzahl konstant), Mehrfachzwischenenerhitzung und -kühlung, sowie durch Mischung der Merkmale des offenen und des geschlossenen Verfahrens.



Die erwähnte Ausführung, bei der der Kompressorantrieb von der Welle, die den Generator antreibt, möglichst weitgehend unabhängig gemacht wird, ist heute bei Maschinen üblich, bei denen hohe Wirtschaftlichkeit angestrebt wird. Insbesondere für Teillasten ergibt sich ein wesentlich sparsamerer Betrieb, wenn beide Wellen unabhängig voneinander geregelt werden können und Teillasten nicht nur einfach durch eine Senkung der Expansionsanfangstemperatur des Gases erreicht werden, die wie in Bild 4 dargestellt eine nennenswerte Verschlechterung des Prozeßwirkungsgrades ergibt.

Weitere Abwandlungen entstehen durch Kombination mit Dampfprozessen usw.¹ oder mit Kolbenmaschinen, insbesondere Flugkolbenkompressoren und Verbrennungsmaschinen. Auch eine Ausnutzung der Abgaswärme von Gasturbinen statt in einem Regenerator durch Erwärmung des Speisewassers einer dazugeschalteten Dampfkraftanlage wurde an mehreren Stellen durchgeführt. Bei allen diesen verfeinerten und dadurch komplizierteren Anlagen muß man den Gewinn an Wirtschaftlichkeit mit der zunehmenden Vielgliedrigkeit der Anlage und den damit verbundenen Kosten für Herstellung, Betrieb und Wartung usw. gegeneinander ab-

¹ vgl. z. B. Münzinger: Z.VDI 93 (1951) S. 281 ff.

wägen. Wenn man jedoch den Aufwand und die Komplexität modernster Dampfkraftanlagen betrachtet, wie beispielsweise des wirtschaftlichsten amerikanischen Großkraftwerks Twin Branch oder in Deutschland des Elektrizitätswerks Ost-Hannover, die maximale wirtschaftliche Wirkungsgrade von rd. 36% bzw. 33% erreichen sollen, so erscheinen sogar die bisher ohne allzu umständliche Zusatzanlagen erreichten Wirkungsgrade von Gasturbinen von 34% (Beznau) außerordentlich hoffnungsvoll, zumal hier noch garnicht alle Verbesserungsmöglichkeiten erschöpft wurden. Allerdings ist ein wesentlicher Gesichtspunkt bei einem solchen Vergleich, daß Beznau mit flüssigem Kraftstoff arbeitet und Deutschland, wie viele andere Länder, Kraftwerke auf Kohlenbasis benötigt. Aber auch mit geschlossenen Anlagen, die Kohle verbrennen können, wurden bereits 32% erreicht.

Betrachten wir die Möglichkeiten, Kohle in der Gasturbine zu verbrennen, so zeichnen sich zur Zeit folgende 4 Wege als gangbar ab:

1. Die eleganteste Lösung wäre die direkte Verfeuerung von Kohlenstaub bei innerer Verbrennung. Dieses Problem ist jedoch trotz großer Erfolge, die in Amerika bei der Entwicklung von staubgefeuerten Gasturbinenlokomotiven erzielt wurden, noch nicht als endgültig gelöst zu bezeichnen.

2. Die sicherste Methode, feste Brennstoffe zu verwenden, ist, wie bereits erwähnt, die Benutzung von Anlagen mit geschlossenem Kreislauf.

3. Viel untersucht und erfolgversprechend ist die Vergasung von Kohle, möglichst unter Druck (bis 30 at) — insbesondere mit Nebenproduktengewinnung (Teer, Schwefel usw.) —, wenn auch hierbei zusätzliche Verluste und der Raumbedarf des Generators sich ungünstig auswirken. Es kommen in erster Linie Drehrost-, Abstich- und Staubgeneratoren in Betracht. Auf Einzelheiten dieses sehr interessanten Gebietes² kann leider im vorliegenden Rahmen nicht eingegangen werden.

4. Noch am wenigsten verfolgt wurde bisher ein Weg, der die Verwendung von Kohle im offenen Gasturbinenprozeß ermöglicht, und der eine Kombination einer äußeren Verbrennung mit dem offenen Verfahren darstellt. Hier wird die bei der Verbrennung der Kohle freiwerdende Wärme dadurch nutzbar gemacht, daß durch Wände hindurch aufgeheizte Luft expandiert und dann als Verbrennungsluft einer Feuerung zuströmt, die in einem Wärmetauscher die verdichtete Arbeitsluft aufheizt.

Vorteile der Gasturbine

Vergleicht man nun die Gas- und die Dampfturbine miteinander, so ergeben sich eine Reihe interessanter Gesichtspunkte, in denen die Gasturbine zweifelsohne der Dampfturbine überlegen ist. Schon ein Vergleich der verlustlosen Prozesse mit vollständiger Regeneration ergibt, daß der Gasturbinenprozeß sich an das thermodynamisch günstigste Kraftmaschinenverfahren, den Carnotprozeß, weit besser annähern läßt als die Dampfturbine. Dies ist die Folge davon, daß man dem Arbeitsstoff Dampf sehr viel Wärme bei der Verdampfungstemperatur, die weit unter der Höchsttemperatur des Prozesses liegt, zuführen muß, bei der Gasturbine dagegen findet bei adiabatischer Verdichtung und Entspannung die Wärmezufuhr nahe der Höchsttemperatur und die Wärmeabfuhr nahe der Tiefsttemperatur des gesamten Prozesses statt und bei isothermischen Vorgängen sogar nicht nur nahe, sondern in den Grenztemperaturwerten. Im letzteren Fall wird der theoretische Prozeß dem Carnotprozeß völlig gleichwertig.

Diesen außerordentlich vorteilhaften Verhältnissen kann man sich praktisch bei der Gasturbine um so mehr annähern, je höher die Regeneration, also der Wärmeaustausch zwischen dem Gas hinter der Turbine und der komprimierten Luft getrieben wird. Wenn auch ohne Abwärmeausnutzung bei den heute werkstoffmäßig beherrschbaren Temperaturen die wirtschaftlichen Wirkungsgrade kaum wesentlich über 20% erhöht werden können, öffnet sich mit Regeneration der Entwicklung ein weites Feld der Wirtschaftlichkeitssteige-

rung, von dem der heutige Stand der Gasturbinentechnik erst einen Teil ausgenutzt hat.

Günstig ist für die Gasturbine, daß sie ihre besten Wirkungsgrade bei Gesamtdruckverhältnissen in der Größenordnung von 1:2... 1:10 erreicht, während die Wirtschaftlichkeit der Dampfturbinen mit zunehmendem Druckverhältnis steigt und erst bei sehr hohen Anfangsdrücken und tiefem Vakuum Spitzenwerte des Wirkungsgrades erreicht, so daß praktisch Gesamtdruckverhältnisse bis 1:2000 (z. B. 100 ata auf 0,05 ata) und mehr benutzt werden. Dies ist eine Tatsache, die einerseits die mechanischen Beanspruchungen der Gehäuse usw. gegenüber denen der Dampfturbinen und ebenso auch gegenüber den Rohren des Dampfkessels senkt, so daß höhere Temperaturen praktisch benutzt und damit höhere Prozeßwirkungsgrade erreicht werden können. Andererseits werden die insgesamt verarbeiteten Wärmegefälle und damit die Stufenzahl, Baulänge und Gehäusezahl der Turbine kleiner. Infolge der relativ geringen Änderungen des spezifischen Volumens innerhalb der Turbine läßt sich auch die Turbinenbeschauelung leicht in allen Stufen günstig auslegen und die hohen Spaltverluste der kleinen Schaufeln im Hochdruckgebiet wie auch die Nachteile der Dampfnäse und der starken Spreizung der langen Schaufeln im Niederdruckteil werden vermeidbar.

Außer den Vorteilen, die im Prozeß und in der Turbine liegen, sind noch eine Reihe weiterer Punkte zu nennen, die bei einem Vergleich die Gasturbine günstig abschneiden lassen:

Bezüglich des Bauvolumens werden von amerikanischer Seite Vergleiche angestellt, die einen Raumbedarf von rd. 1,4 m³/kW bei der Dampfturbine einem Wert von 0,5... 0,6 m³/kW bei Gasturbinenanlagen gegenüberstellen. Ein gesondertes Kesselhaus fällt überhaupt fort. Neben den geringeren Baukosten hat dies den Vorteil, daß sich bei kleinem verfügbarem Raum mehr Leistung unterbringen läßt. Das für eine (wahrscheinlich offene) Gasturbinenanlage mit Ausrüstung notwendige Materialgewicht wird auf ein Drittel der entsprechenden Dampfanlage eingeschätzt. Auch die durch Kühlwasser abzuführende Wärme ist bezogen auf die gleiche Leistung bei der Gasturbine (Kompressoren usw.) etwa $\frac{1}{3}$ so groß wie bei den Kondensatoren des Dampfkraftwerks, zumal keine Verdampfungswärme sondern nur fühlbare Wärme abzuführen ist und dies dazu noch mit höheren Temperaturdifferenzen als beim Kondensator geschieht. Aus diesen Gründen ergibt sich neben den Ersparnissen an Reinigungsaufwand für das Speisewasser bei offenen Gasturbinenanlagen auch eine nennenswerte Einsparung an Wasserverbrauch. Die Brennstoffbunkerung ist natürlich entscheidend abhängig von der Art des Brennstoffs. Ölgefeuerte Gasturbinen werden etwa einen ähnlich großen Bunkerraum wie ölgefeuerte Kessel, aber nur einen Bruchteil der bei kohlegefeuerten Kesseln notwendigen Größe brauchen.

Sowohl das Wartungspersonal wie die Hilfsmaschinenanlagen sind im ganzen geringer als bei Dampfanlagen. Während eine große Zahl von Hilfspumpen fortfallen, werden Anlaufmotoren mit 3... 6% der Generatorleistung nötig. Für eine 15 000 kW-Anlage wird der Hilfsmaschinenleistungsbedarf auf 1% gegenüber 5% bei gleich großer Dampfanlage beziffert. Der Unterschied wächst noch bei Teillast. Wahrscheinlich werden auch die Wartungskosten geringer sein. Weiter ist die schnelle Anfahrmöglichkeit hervorzuheben, die die Gasturbine instand setzt, innerhalb von 3... 10 Minuten von Stillstand auf Vollast zu kommen.

Diesen günstigen Eigenschaften der Gasturbine stehen erklärlicherweise Nachteile gegenüber, die ihrer Anwendung Grenzen ziehen und sich teilweise in besonderem Maße bei großen Leistungen auswirken.

Heutige Anwendungsgrenzen

Alle genannten Vorteile helfen zunächst noch nicht über diejenigen Schwierigkeiten hinweg, die der Grundlast-Großturbine heute noch im Wege stehen, das sind in erster Linie die Brennstofffrage, die — wenigstens bei uns — heute nur auf Kohlenbasis gelöst werden kann, und zweitens die infolge des hohen Durchsatzvolumens — mindestens bei der offenen Gasturbine — erheblich geringere Grenzleistung.

² vgl. z. B. Münzinger: Stahl u. Eisen 68 (1948) S. 114 ff.

Neben dem hohen Preis mancher Gasturbinenwerkstoffe wirkt sich ungünstig aus, daß die Sammlung von Erfahrungen über absolute Betriebssicherheit im vieljährigen Dauerbetrieb außerordentlich lange, nämlich eigentlich eben diese vielen Jahre hindurch, dauert. Die besten Möglichkeiten einen Wettbewerb mit der Dampfturbinen-Grundlastanlage zu bestehen, hat die Gasturbine dann, wenn Wasser rar, der Belastungsfaktor niedrig oder wenn Öl oder Naturgas in großen Mengen verfügbar ist. Aber auch da stellen beim offenen Arbeitsverfahren die Verschmutzungsgefahr von Verdichter, Turbine und Wärmetauscher sowie Korrosionserscheinungen an den Schaufeln und bei geschlossenen Anlagen, evtl. Korrosionen, z. Zt. noch eine Schwierigkeit dar.

Am günstigsten liegen die Verhältnisse für die geschlossenen mit Luft arbeitenden Anlagen, wo durch das erhöhte Druckniveau die Abmessungen gesenkt, also die Grenzleistungen wesentlich gesteigert werden, wo durch die äußere Verbrennung jeder beliebige Brennstoff, also auch Kohle, benutzt werden kann, und wo durch die günstigen Wärmeübergangsverhältnisse im Regenerator und durch das saubere Arbeitsmedium günstige Wirkungsgrade erreichbar sind. Die Nachteile der umfangreicheren Anlage im Vergleich zur offenen Turbine müssen dabei allerdings in Kauf genommen werden.

Aus einer Abwägung von Vor- und Nachteilen der Gasturbine ergibt sich, teils auf Grund amerikanischer Erfahrungen, daß der Anwendungsbereich derselben, soweit er das Kraftwerksgebiet angeht, zunächst im wesentlichen folgende Gebiete umfaßt:

1. Die Spitzenlastdeckung, insbesondere bei seltenen hohen Spitzen.
2. Kleinere Kraftwerksanlagen, wie kommunale Betriebe usw.
3. Notstromaggregate und Ergänzungseinheiten, z. B. für Wasserkraftanlagen.
4. Verbundbetriebe mit Gaserzeugungsanlagen sowie mit Dampf- und Heizanlagen, Hüttenwerken und evtl. Nebenproduktengewinnung.
5. Fahrbare Kleinkraftstationen, wie sie in Amerika z. B. von Allis Chalmers für Leistungen von 3... 6000 kW auf Eisenbahnwagen erbaut werden.
6. Alle Anwendungsfälle, in denen sowieso Gas oder Öl als Brennstoff benutzt würde.

Von besonderer Wichtigkeit bei der Abwägung der geeignetsten Kraftmaschinenart für eine zu erstellende Kraftanlage ist der Umstand, daß die Gesamtkosten einer Gasturbinenanlage erheblich geringer sein können, als die einer Dampfanlage. In erster Linie gilt dies natürlich bei kleinen Leistungen und bei offenen Anlagen. Vergleichswerte hierzu zu nennen ist abgesehen von dem geringen Umfang bekanntgewordener Angaben dadurch besonders schwierig, daß die Ausführungsform der Gaskraftanlage einen entscheidenden Einfluß auf die Kosten hat.

Für das Kraftwerk Beznau wird ein Gesamtpreis einschließlich Gebäuden, Landerwerb usw. von 16 000 000 sfrs., das sind bei 40 000 kW 400 sfrs./kW, angegeben.

Ausgeführte Kraftwerksanlagen

Die Zahl der im Betrieb und im Bau befindlichen Gasturbinenanlagen ist im Laufe der Zeit nach dem Kriege recht beträchtlich geworden. Eine Liste von 43 stationären Anlagen, die also weder die große Zahl der Flugzeugantriebsturbinen noch Lokomotiv- und Schiffsanlagen oder ausgesprochene Kleinaggregate enthält, wurde vom Verfasser teils nach amerikanischen Quellen bereits an anderen Orten³ veröffentlicht.

Diese Zusammenstellung zeigt, wie groß die Zahl derjenigen Maschinen schon ist, die zur Stromerzeugung in Elektrizitätswerken aufgestellt wurde. Es würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit weit überschreiten, wenn auf die Einzelheiten dieser Anlagen näher eingegangen werden sollte. Es sollen daher nur einige wesentliche Beispiele etwas genauer beleuchtet werden.

Wenn die vier Schweizer Gasturbinenfirmae BBC, Escher-Wyss, Maschinenfabrik Oerlikon und Gebrüder

³ z. B. Z. VDI 92 (1950) S. 429.

Sulzer trotz der ungeheueren Entwicklungskosten, die sie aufgewandt haben, und trotz der in vielen Beziehungen ungünstigen Lage der Schweiz (geringe inländische Aufstellungsmöglichkeit, Fehlen eigener Rohmaterialien usw.) sich weiter intensiv mit diesem Problem beschäftigen, so ist das ein Zeichen dafür, daß die gesammelten Erfahrungen letzten Endes ihren Forschungsoptimismus nicht Lügen gestraft haben.

Beznau

Neben den zahlreichen Einheiten, die die Firma BBC für Ölraffinerien und zur Stromerzeugung mit Leistungen bis zu etwa 10 000 kW zur Aufstellung in Ländern entwickelt hat, die durch reiche Vorkommen von Öl oder Erdgas, wie beispielsweise Rumänien, auch große Leistungen im Dauerbetrieb mit flüssigen Kraftstoffen oder Naturgasen erzeugen können, stellt das thermische Kraftwerk Beznau, der Nordostschweizerischen Kraftwerke-AG. insofern einen markanten Punkt in der gegenwärtigen technischen Entwicklung der Gasturbinen dar, als hier durch Aufstellung einer 13 000 und einer 27 000 kW-Einheit die bisher größte Energieerzeugungsanlage auf Gasturbinenbasis entstand. Sie soll in Zusammenarbeit mit Wasserkraftwerken insbesondere in trockenen Wintermonaten einem Ausgleich der Energieerzeugung dienen. Die Gasturbinenanlage zeigte sich bei Vorausrechnungen der Dampfturbine in den Betriebskosten und dem Dieselmotor in den Erstellungskosten überlegen.

Die Verbindung des Gasturbinen-Kraftwerkes mit dem Hochspannungsnetz erfolgt für die Gruppe von 13 000 kW über einen Transformator 8/50 kV von 16 000 kVA auf die 50 kV Sammelschiene der bestehenden Schaltanlage. Die 27 000 kW-Gruppe wird mit einem Dreiwicklungstransformator von 8/50/150 kV mit Wicklungsleistungen von 32 000/38 000 kVA gekuppelt und kann so ihre Leistung gleichzeitig in das 50 und das 150 kV-Netz abgeben. Der Dreiwicklungstransformator kann zugleich auch als Kuppeltransformator zwischen den beiden Netzen dienen, wofür eine 50 kV-Wicklung mit unter Last schaltbarem Stufenschalter zur Spannungsregelung vorgesehen ist.

Ein Schema der 27 000 kW-Turbine ist in Bild 5 gezeigt. Bei doppelt ausgebildetem Niederdruckkompressor wird die Luft in 3 Gehäusen mit 2facher Zwischenkühlung komprimiert und nach Regeneration und Erwärmung in der Brennkammer auf 630 °C, in zwei Turbinengehäusen entspannt, wobei vor dem Niederdruckgehäuse eine Zwischenerhitzung vorgesehen ist. Hinter der zweiflutig ausgebildeten Niederdruckturbine, welche die zwei Niederdruckkompressoren und den Mitteldruckkompressor antreibt, strömt das Gas durch den Wärmetauscher ab. Die Hochdruckturbine treibt den Hochdruckkompressor und den Hauptgenerator an. Außer der Hochdruckwelle des 13 000 kW-Aggregats, die mit 4750 U/min umläuft und einen 3000-tourigen Generator über ein Getriebe betreibt, laufen beide Wellen beider Aggregate mit 3000 U/min. Bei den Niederdruckwellen stellt

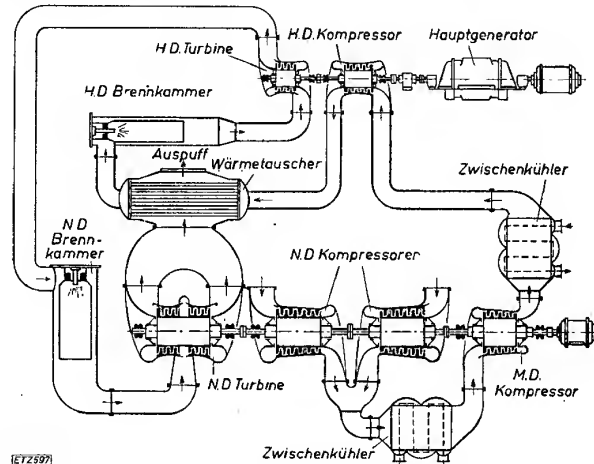


Bild 5. Schema der 27 000 kW-Turbine des thermischen Kraftwerks Beznau.

diese Drehzahl jeweils den Höchstwert dar; sie kann zu Regelungszwecken abgesenkt werden.

Das benutzte Öl hat einen unteren Heizwert von 9800 kcal/kg. Hiermit wurden bei maximaler Last, bezogen auf die Generatorklemmen, für die kleinere Gruppe ein thermischer Wirkungsgrad von 30,6%, das sind 287,5 g Öl/kWh und für die größere Gruppe 34,0%, das sind 258,5 g Öl/kWh garantiert.

Einen Grundriß der Gesamtanlage zeigt Bild 6. In dem in der Mitte befindlichen Maschinenhaus sind die beiden zweiwelligen Aggregate zu erkennen. Neben der Hochdruckwelle stehen jeweils die beiden Brennkammern, von denen die Niederdruckkammer natürlich größer ausfällt, als die Hochdruckkammer. Auf der einen Seite ist das Schaltheus, auf der anderen Seite die Wärmetauscheranlage angebaut. Die Größe der letzteren fällt ins Auge. Ebenso sind die außerhalb des Gebäudes angeordneten Luftreiniger, sowie die im Keller befindlichen Leitungen von außerordentlichem Umfang, was insbesondere durch die Notwendigkeit geringer Geschwindigkeiten zwecks Senkung der Druckverluste verursacht ist.

Von den insgesamt für die Errichtung des Kraftwerks aufgewandten 16 Mio. sfrs. wurden 60% für die mechanischen Einrichtungen, Maschinen einschließlich Generatoren, Ölbunker und Umschlageinrichtungen verwandt, 23% für die Bauten einschließlich Gleis und Straßen und rd. 13% für die elektrischen Einrichtungen, Transformatoren und den Netzanschluß. Unter Zugrundelegung eines Ölpreises von 140 sfrs./t ergeben sich kWh-Preise von 7,45 rp., bei einer Benutzungsdauer von 1000 h, 5,65 rp. bei 2000, und 5,05 rp. bei 3000 Benutzungsstunden.

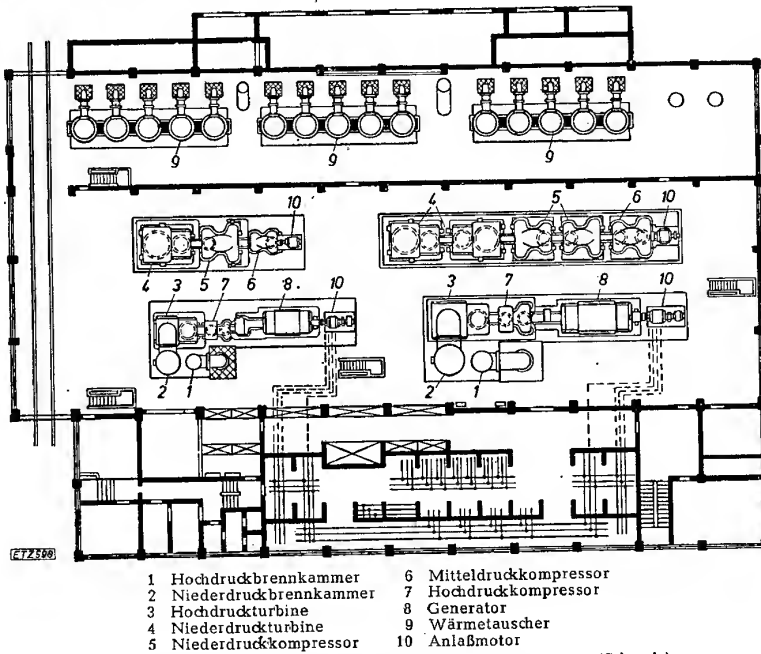


Bild 6. Grundriß des thermischen Kraftwerks in Beznau (Schweiz).

Die kleinere Einheit läuft seit Anfang 1948. Anfänglich zeigten sich Schwierigkeiten mit dem Schaufelwerkstoff und mit den geschweißten Scheiben, ferner mit Ablagerungen an den Kompressorschaukeln, die den Einbau eines Luftfilters nötig machten, da der Kompressorwirkungsgrad abfiel. Diese Verschmutzungserscheinungen sind teilweise auf den Staub von in der Nähe des Kraftwerks befindlichen Zementwerken zurückzuführen. Die große Einheit, die seit Januar 1949 in Betrieb ist, mußte ebenfalls nach einiger Betriebszeit mit einer Luftfilteranlage ausgerüstet werden, die bei einem Luftdurchsatz von etwa 135 kg/s erklärlicherweise eine ansehnliche Größe hat. Beide Einheiten zusammen erzeugten bisher über 100 Mio. kWh. Die Regelung hat sich bewährt. Der Betrieb mit billigem Heizöl soll keine Schwierigkeiten ergeben haben. Genauere Meßergebnisse sollen leider erst

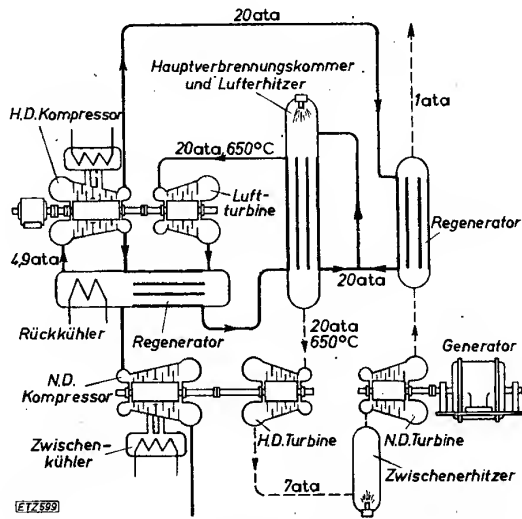


Bild 7. Aufbau des Gasturbinenkraftwerks für 2000 kW in Weinfelden.

veröffentlicht werden, nachdem die Anlage längere Zeit zufriedenstellend gelaufen ist.

Weinfelden⁴

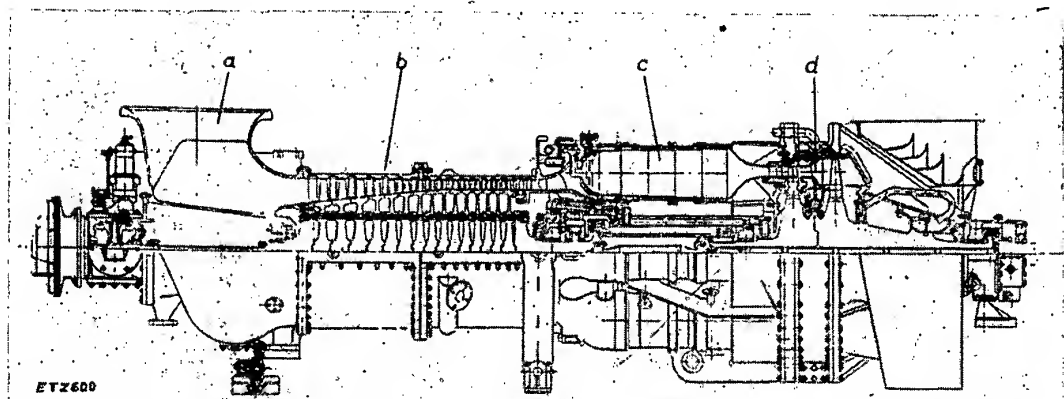
Die Weinfeldener, von Sulzer gebaute, 20 000 kW-Einheit der gleichen Kraftwerksgesellschaft dient demselben Zweck wie das Beznauer Werk. Die mit „halboffenem Prozeß“ arbeitende Anlage ist im Schema in Bild 7 dargestellt.

Der eine Teil der Anlage (Hochdruckkompressor und Luftturbine, Gruppe links oben) arbeitet im geschlossenen Kreislauf, jedoch wird ein Teil der Luft beim höchsten Druck entnommen und dient dem Lufterhitzer als Verbrennungsluft. Das Brenngas kühlt sich durch Wärmeabgabe an die Arbeitsluft der Luftturbine ab und arbeitet dann in einer zweigehäusigen Turbinenanlage mit Zwischenerhitzung, wobei das erste Gehäuse einen Niederdruckkompressor antreibt, der die aus dem Luftkreislauf für die Verbrennung entnommene Luft ersetzt, während das zweite Gehäuse den Generator antreibt. Diese Schaltung vereint manchen Vorteil, aber auch manchen Nachteil des offenen und des geschlossenen Arbeitsverfahrens; die hohen Drücke auf beiden Seiten der Rohre des Lufterhitzers und des Regenerators ergeben einen besonders guten Wärmeübergang und kleine Abmessungen, zumal dadurch auch die mechanischen Beanspruchungen abnehmen; ebenso senkt das erhöhte Druckniveau in der Luftturbine deren Abmessungen. Die Druckverhältnisse der Teilmaschinen gehen aus der Abbildung hervor. Beide Hochdruckturbinen arbeiten mit 650 °C. Auch das Weinfeldener Kraftwerk befindet sich im Versuchszustand. Ergebnisse sind noch nicht bekannt. Es wird ein wirtschaftlicher Wirkungsgrad von 34% erwartet.

Oklahoma u. a.

Die General Electric Co. hat durch Weiterentwicklung eines Flugzeugaggregats Stromerzeugungsanlagen in 2 verschiedenen Ausführungen geschaffen, für die z. Zt. Aufträge über 20 Einheiten vorliegen sollen, und die bereits in mehreren Exemplaren in Amerika aufgestellt wurden. Die eine Anlage ist billig, arbeitet ohne Regeneration und hat eine geringe Wirtschaftlichkeit ($\eta_w \approx 17\%$), während bei der anderen als Doppelturbine ausgeführten Einheit durch einen zwischengeschalteten Wärmeaustauscher 28% erreicht werden, was immerhin dem Wärmeverbrauch eines guten Dampfkraftwerkes gleichkommt. Bild 8 zeigt als Beispiel einen Halbschnitt der einfachen generatorlosen GEC-Einheit.

⁴ vgl. z. B. Martinuzzi: Power 95 (1950) S. 116 ff.



a) Kompressoransaugstutzen b) Kompressor c) Brennkammern d) zweistufige Gasturbine
Bild 8. Längsschnitt durch eine 3500 kW-Gasturbinenanlage der General Electric Co.

Die Betriebsdaten und das Schema der Gesamtanordnung der Doppelturbine mit Wärmetauscher ist in Bild 9 dargestellt.

Die 3500 kW-Einheit, die in einer Ausführung bei Betrieb mit Gas bereits 4000 Betriebsstunden hinter sich hat und auch mit schwersten Ölen (Bunker-C-Öl) schon arbeitete, wird auch in Zusammenschaltung mit Dampfkraftanlagen zur Speisewasservorwärmung oder zur Aufheizung von Abhitzeke-seln benutzt. Für derartige kombinierte Anlagen wird von einem amerikanischen Autor ein Gesamtwirkungsgrad von 59% vorausgerechnet, der also schlechter ist als der eines reinen Gegendruck-Heizkraftwerks auf Dampfbasis, aber erheblich besser als der von Kondensationsanlagen. — Bemerkenswerte Gesichtspunkte über die GEC-Anlagen nach einem Bericht von Howard⁵, sowie konstruktive Einzelheiten der Turbinenausführung wurden vom Verfasser bereits an anderer Stelle⁶ gewürdigt.

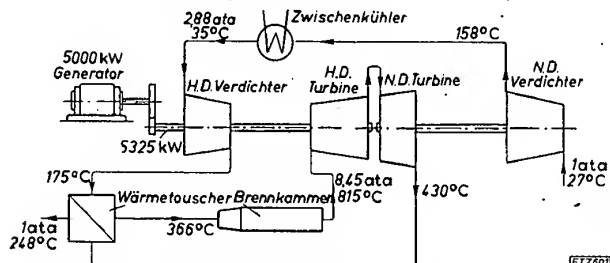


Bild 9. Schaltschema der GEC-Anlage für 5000 kW.

Da sich bei solchen Entwicklungen die Vorteile der Gasturbine in besonderem Maße äußern, sind Ausführungen dieser Art, die, vielfach aus Flugzeugentwicklungen hervorgehend, verschiedensten Anwendungsgebieten, wie Kraftstationen, Lokomotiv-, Schiffsantrieben usw. dienstbar gemacht werden, im Ausland an verschiedenen Stellen entstanden.

St. Denis und Dundee

Der nächstliegende Weg, das Gasturbinenkraftwerk mit Kohle als Brennstoff zu betreiben, ist wie erwähnt, die Benutzung des geschlossenen Arbeitsprozesses. So hat Escher-Wyss, Zürich, wie auch John Brown, Clydebank, nach Durchführung von eingehenden Untersuchungen von kleinen Versuchsturbinen je eine 12 500 kW-Anlage für geschlossenen Kreislauf im Bau, die beide etwa betriebsfertig sein dürften. Durch die Zusammenarbeit beider Firmen auf Lizenzbasis werden sie sich weitgehend ähneln. Während die Turbine der Schweizer Firma im Kraftwerk St. Denis bei Paris aufgestellt wird, ist die Anlage von John Brown für das Kraftwerk Carolina-Port in Dundee⁷ bestimmt.

Ein Schema der letzteren Anlage ist in Bild 10 dargestellt. Oben rechts ist der Nutzgenerator zu erkennen, angetrieben von der Niederdruckturbine. Hinter dem dreigehäusigen Kompressorsystem mit dreifacher Zwischenkühlung

strömt die Arbeitsluft dem Regenerator, dann dem Lufterhitzer und schließlich der Hochdruckturbine zu, um dahinter nach nochmaliger Erhitzung im gleichen Lufterhitzer auf etwa Frischgastemperatur mit der Niederdruckturbine den aufs Netz arbeitenden Generator anzutreiben. Von der Niederdruckturbine strömt die Luft über Regenerator und Endkühler wieder dem Ansaugstutzen des Niederdruckkompressors zu, wodurch der Kreis geschlossen ist. Das Brenngas im Lufterhitzer arbeitet unter Überdruck, den ein Axialgebläse erzeugt (Gruppe im Bild rechts Mitte), welches die Verbrennungsluft über einen Wärmetauscher in den Brennraum pumpt. Hinter demselben entspannt sich der größte Teil des Verbrennungsgases in der Turbine, die das Aufladagebläse für den Brennraum antreibt, ehe es durch den Wärmetauscher abströmt. Ein Teil des Gases wird durch ein besonderes Gebläse zur Temperatursenkung nochmals in den Brennraum zurückgeführt. Diese Hilfseinheit arbeitet also mit offenem Arbeitsverfahren.

Die in die Abbildung eingetragenen Betriebsdaten gelten für Vollastbetrieb. Entsprechend der oben beschriebenen Gleitdruckregelung können durch Aufpumpen des gesamten Systems oder durch Abblasen von Arbeitsluft das Druckniveau und damit die Leistung in weiten Grenzen mit verhältnismäßig geringen Verlusten verändert werden. Der Wärmetauscher ist trotz der sehr weit getriebenen Vorwärmung des verdichteten Arbeitsstoffes infolge der erhöhten Drücke kompakt, zumal die Reinheit der Luft sehr kleine Rohrdurchmesser (etwa 6 mm) zuläßt.

Die Anlagen arbeiten mit einmaliger Zwischenerhitzung. Besonders bemerkenswert ist, daß im Hochdruckteil des Kompressors ein vierstufiger Radialverdichter mit Zwischenkühlung zwischen Stufe 2 und 3 benutzt wird, eine Bauart, die im Gasturbinenbau wesentlich seltener anzutreffen ist, als der übliche vielstufige Axialkompressor. Auf den Betrieb mit Kohlenstaub wird natürlich bei den Anlagen mit geschlossenem Arbeitsverfahren in besonderem Maße das Augenmerk gerichtet. Die Angaben über die mit dieser

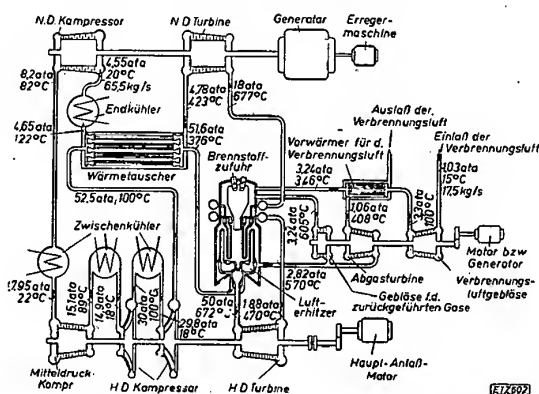


Bild 10. Aufbau der 12500 kW-Anlage für das Carolina-Port-Kraftwerk, Dundee.

⁵ Howard: Electr. Engng. 68 (1949) S. 497 ff. Ref. in ETZ 71 (1950) S. 573.

⁶ ZVDI 1950, Seite 435, 436.

⁷ vgl. z. B. The Oil Engine. 1949. S. 356 ff.

Anlage erwarteten Gesamtwirkungsgrade gehen bis zu der außerordentlichen Höhe von 36%.

Werden derartige Wirtschaftlichkeitsnachweise der Gasturbine tatsächlich erbracht und bewähren sich diese Maschinen mit Kohle als Brennstoff, so hat die Gasturbine einen wichtigen Nachweis erbracht und die Weiterentwicklung gibt Anlaß zu günstigsten Erwartungen.

Zusammenfassung

Die Gasturbine hat sich nach dem Kriege auch im Rahmen der Erzeugung elektrischer Energie einen Platz erobert. Die Eigenarten der verschiedenen Arbeitsverfahren gestatten es dem Konstrukteur, in weiten Grenzen zwischen hoch wirtschaftlichen aber verhältnismäßig teuren Ausführungen und andererseits einfachen aber im Betrieb weniger sparsam

arbeitenden Bauformen zu wählen. Das Gasturbinen-Kraftwerk ist für viele Anwendungsfälle, bei kleineren Leistungen bis etwa 20000 kW und besonders gearteten Betriebsbedingungen anderen Kraftmaschinen teils in bezug auf den Erstellungsaufwand, teils in den Betriebskosten überlegen. Die Nachteile, die zur Zeit noch eine Verwendung als Grundlastmaschine großer Leistung erschweren, liegen außer im Mangel jahrzehntelanger Erfahrungen in der Verschmutzungs- und Korrosionsgefahr, dann in der Schwierigkeit, Kohle als Brennstoff wirtschaftlich zu verarbeiten und schließlich in der Begrenztheit der installierbaren Leistung. Jedoch auch hierfür zeichnen sich Auswege ab.

Eine Anzahl von Gasturbinenkraftwerken mit Einheiten bis zu 27 000 kW sind mit günstigen Wirkungsgraden erfolgreich im Betrieb.

Das Thermobimetall
mit besonderer Berücksichtigung der Grundlagen für die Werkstoffentwicklung

Von Hermann Fahlenbrach, Essen

DK 621.315.554

Allgemein versteht man unter einem Bimetall zwei fest aneinander haftende Metallschichten. Dabei besitzen diese beiden Metallschichten in den meisten Fällen verschiedene physikalische oder chemische Eigenschaften. Erwähnt seien hier als Beispiele nur die Plattierungswerkstoffe, die Kontaktwerkstoffe der Elektroindustrie oder die Manteldrähte als Werkstoffe für Zündkerzen oder Widerstandsstoffe. Ein besonderer Fall ist das Thermobimetall. Bei diesem besitzen die beiden Metallschichten verschiedene Ausdehnungskoeffizienten.

In der praktischen Verwendung hat man in den meisten Fällen einen geeignet geformten Blechstreifen vor sich. Wenn man ein solches streifenförmiges Gebilde erhitzt oder unterhalb Raumtemperatur abkühlt, so besitzt es wegen der verschiedenen Wärmeausdehnung seiner Komponenten die Eigenschaft, sich zu krümmen oder auszubiegen, wodurch auf einfache Art thermische Energie in mechanische Arbeit umgesetzt wird. Beim Thermobimetall sind zwei grundsätzlich verschiedene Anwendungsgebiete zu unterscheiden.

Bei dem einen Anwendungsgebiet wird von der kontinuierlich mit wachsender Temperatur zunehmenden Krümmung Gebrauch gemacht. Man kann dadurch den Temperaturverlauf auf einfache Weise registrieren und messen oder auch den Temperaturverlauf von physikalischen Vorgängen in gewünschter Weise selbsttätig steuern oder Temperaturfehler auskompensieren.

Erwähnt sei hier als konkretes Anwendungsbeispiel das Bimetallthermometer [1]. Bei diesem wird der Bimetallstreifen mit einem Zeiger versehen, der über eine geeichte Skala spielt, an der unmittelbar die Temperatur abgelesen werden kann (Bild 1).

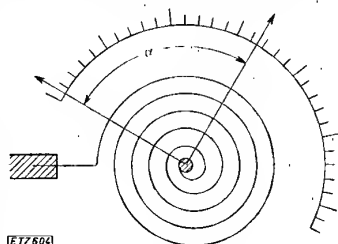


Bild 1. Bimetall-Thermometer.

Weit verbreiteter ist die zweite Gruppe der Bimetallanwendungen. Bei ihnen wird nicht die kontinuierliche Änderung der Krümmung mit der Temperatur ausgenutzt. Es kommt hier vielmehr darauf an, daß bei einer bestimmten vorgeschriebenen Temperatur die Krümmung gerade einen bestimmten vorgeschriebenen Betrag annimmt. Diese Eigenschaft wird in den verschiedensten praktischen Fällen im Apparatebau und in der Elektrotechnik ausgenutzt [2], und zwar immer, um Vorgänge bei einer bestimmten Temperatur einmalig auszulösen oder um eine bestimmte Tempera-

tur dauernd konstant zu halten. Immer wenn diese Temperatur überschritten wird, schaltet das Bimetall den Heizstrom aus. Bei Unterschreitung der Temperatur wird der Strom wieder eingeschaltet. Häufig macht man dabei, wie beim Spencer-Regler, von Stabilitätsproblemen der Elastizitätslehre Gebrauch. Man nützt die Tatsache aus, daß bei der Belastung eines Stoffes bei einer bestimmten kritischen Last ein unstetiger Vorgang, z. B. Knickung, auftreten kann. Man wählt beim Spencer-Regler [3] die Abmessung so, daß die Beanspruchung durch die verschiedene Wärmeausdehnung der beiden Bimetallschichten bei einer bestimmten vorgeschriebenen Temperatur die kritische Last erreicht und ein Durchschnappen einer Bimetallscheibe bewirkt, das einen Schaltvorgang auslöst. Solche Regler oder Schalter sind immer dann vorteilhaft, wenn bei dem Schaltvorgang nennenswerte Arbeit zu überwinden ist. Zum vollen Verständnis der Vorgänge beim Thermobimetall können wir seine Theorie nicht außer Acht lassen, die zugleich ein Wegweiser bei der Werkstoffauswahl ist. Es wurde bereits erwähnt, daß das Thermobimetall unter dem Einfluß einer Temperaturänderung sich krümmt. Naturgemäß wird eine möglichst große Krümmung angestrebt. Andererseits ist es aus Gründen der Reproduzierbarkeit eines mit Thermobimetall bestückten Mechanismus erforderlich, daß bei der Krümmungsbeanspruchung die Elastizitätsgrenze der Werkstoffe nicht überschritten wird. Da eine Krümmung mechanisch immer nur unter dem Einfluß von Biegespannungen zu verwirklichen ist, stellt die mechanische Biegelehre die zum Verständnis der Materialentwicklung notwendigen mathematischen Beziehungen.

Wir wollen den in der Praxis sehr gut angenäherten Fall betrachten, daß die Schichtdicke d des Bimetallstreifens klein ist gegenüber seiner Länge. Außerdem soll auch die Breite klein gegenüber der Länge sein, damit das Biegeproblem eindimensional bleibt. Anders würde außer der Biegung in Längsrichtung noch eine solche in Querrichtung vorhanden sein. Es interessiert der Zusammenhang der Krümmung mit den linearen Ausdehnungskoeffizienten α_1 und α_2 , den Elastizitätsmodulen E_1 und E_2 und den Schichtdicken d_1 und d_2 der beiden Komponenten. Ist $\alpha_2 > \alpha_1$, so biegt sich der Bimetallstreifen (vgl. Bild 2) bei Temperatur-

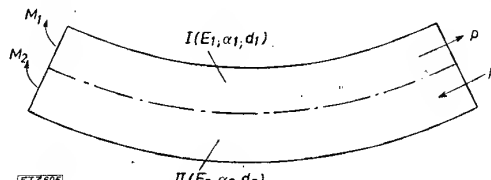


Bild 2. Krümmung eines Thermobimetallstreifens für den Fall $\alpha_2 > \alpha_1$, $t - t_0 > 0$.

erhöhung in der Weise, daß die Schicht II die konvexe, Schicht I die konkave Seite darstellt. Da keine äußeren Kräfte, sondern nur die Spannungen durch verschiedene Wärmedehnungen auf den Streifen einwirken, muß in jedem beliebigen Querschnitt des Streifens sowohl die Summe der inneren Kräfte P wie auch der inneren Kraftmomente M null sein. Aus diesem Grunde muß die in Teil 1 vorhandene innere Zugkraft P_1 gleich der Druckkraft $P_2 = P$ in Teil 2 sein. Dadurch entsteht ein inneres Biegemoment $P \cdot d/2$ (d = Gesamtschichtdicke) = $M_1 + M_2$ (M_1, M_2 Biegemomente der beiden Schichten). Aus der Biegelehre folgt $M = J E/\rho$ (ρ = Krümmungsradius) und das Flächenträgheitsmoment $J = b d^3/12$. Somit wird

$$P d/2 = b/12 \rho (E_1 d_1^3 + E_2 d_2^3) \quad (1)$$

Infolge des stetigen Überganges müssen die Grenzschichten der beiden Komponenten I und II gleiche Länge besitzen. Nach S. Timoshenko [4] haben Längenänderungen dieser Schichten drei verschiedene Ursachen (Wärmeausdehnungen, Dehnungen durch die Kraft P und Dehnungen durch die Momente M_1 und M_2). Das ergibt eine zweite Gleichung für P

$$a_1 (t - t_0 + \frac{P}{b d_1 E} + \frac{d_1}{2 \rho}) = a_2 (t - t_0) - \frac{P}{b d_2 E} - \frac{d_2}{2 \rho} \quad (2)$$

Die Eliminierung von P aus den Gleichungen (1) und (2) und die Einführung des Schichtdickenverhältnisses $d_1/d_2 = m$ und $E_1/E_2 = n$ führt dann zu der praktisch wichtigen Beziehung:

$$\frac{d}{\rho} = 6 (a_2 - a_1) (t - t_0) \cdot \frac{(1 + m)^2}{3 (1 + m)^2 + (1 + m n) (m^2 + 1/m n)} \quad (3)$$

d/ρ ist die auf die Streifendicke bezogene (spezifische) Krümmung des Thermobimetalls, die wichtigste Werkstoffziffer des Bimetalls, die der spezifischen Ausbiegung, welche häufig auch in praktischen Fällen angegeben wird, direkt proportional ist.

Aus Gl. (3) entnimmt der Konstrukteur sofort, daß er auf drei, z. T. trivialen Wegen eine möglichst große Krümmung oder Ausbiegung erhält, 1. durch Wahl möglichst dünner Streifen, 2. durch einen Thermobimetall-Werkstoff, bei dem die beiden Komponenten in der linearen Wärmeausdehnung möglichst weit auseinander liegen und 3. durch die Wahl einer möglichst großen Temperaturdifferenz. Die Wahl der Gesamtschichtdicke ist dem Konstrukteur in den meisten Fällen durch die beim Schalten notwendige Arbeitsleistung nicht beliebig freigegeben. In solchen Fällen kann es daher notwendig sein, größere Schichtdicken trotz der kleineren Krümmung zu wählen, da die Arbeitsleistung mit d^2 wächst. Die Abhängigkeit vom Schichtdicken- und E -Modulverhältnis nach Gl. (3) ist zunächst nicht so einfach zu übersehen. Da es in allen praktisch wichtigen Fällen auf ein möglichst großes d/ρ ankommt, interessiert die Tatsache, daß der Maximalwert für eine gegebene Bimetallkomponente stets dann erreicht wird, wenn man das Schichtdickenverhältnis $m = 1/\sqrt{n}$ wählt. Da der Hersteller die Wahl des Schichtdickenverhältnisses in der Hand hat, besteht keine Schwierigkeit, dieser Anforderung zu entsprechen. Gl. (3) vereinfacht sich bei Berücksichtigung dieser Forderung zu

$$d/\rho = 1,5 (a_2 - a_1) (t - t_0) \quad (3')$$

Im übrigen spielt bei den heute verfügbaren Thermobimetallkomponenten, weil die E -Moduln der Komponenten nicht sehr voneinander verschieden sind, eine geringe Abweichung von dem meistens verwendeten Schichtdickenverhältnis $m = 1$ praktisch keine Rolle, wie Bild 3 zeigt, wo für drei Fälle von E -Modulverhältnissen ($n = 1/2, 1$ und 2), die den praktisch verfügbaren Bereich mit Überschuß überstreichen, die Abhängigkeit vom Schichtdickenverhältnis dargestellt ist. Neben den durch Gl. (3) gegebenen Anforderungen für die Thermobimetalle sind aber noch weitere Anforderungen zu beachten. Zunächst kommen im Apparatebau der Elektrotechnik zahlreiche Fälle vor, in denen die Bimetalle direkt durch Stromwärme beheizt werden. Da die Stromwärme proportional zum Widerstand ist, ergibt sich

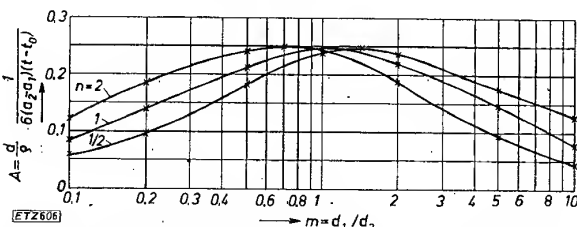


Bild 3. Abhängigkeit der spezifischen Krümmung eines Bimetallstreifens vom Schichtdickenverhältnis m der beiden Komponenten bei festem Verhältnis n der Elastizitätsmoduln.

bei solchen Anwendungen die Forderung nach möglichst hohem spezifischen Widerstand des Bimetalls. Ferner kommen noch allgemeine Anforderungen hinzu. Bimetalle werden außer durch Sintern [5], worauf weiter unten noch eingegangen wird, oftmals in der Weise hergestellt, daß aufeinandergelegte, gehobelte Brammen von außen sorgfältig verschweißt und dann zusammen auf dünnere Abmessungen warm und danach kalt heruntergewalzt werden. Die beiden Bimetallkomponenten müssen demnach verschweißbar sein, da nur dadurch ein gutes Haften der beiden Schichten gewährleistet ist. Ein schlechtes Haften führt zu einer kleineren und nicht reproduzierbaren Krümmung. Außerdem müssen natürlich beide Schichten des Bimetalls für sich allein gut verarbeitbar sein. Sie dürfen sich ferner in ihrer Härte bei der Verarbeitungstemperatur nicht allzu sehr unterscheiden. Würde man z. B. versuchen, Blei mit Eisen zu einem Bimetall zu verbinden, so würde das weiche Blei gegenüber dem härteren Eisen bei der Verarbeitung stärker verformt werden. In der Walze würde das Blei dann vom Eisen abrutschen, so daß man als Endprodukt gar kein Bimetall vor sich hätte, sondern am vorderen Ende Blei und am hinteren Ende Eisen. Ähnliche, natürlich nicht so ausgeprägte Verarbeitungsschwierigkeiten haben sich bei der Verwendung von Chromstählen zusammen mit austenitischen Stählen gezeigt. Aber auch von anderen Gesichtspunkten aus gesehen ist nicht jede beliebige Bimetallkombination möglich. Wir haben oben gesehen, daß sich starke Spannungen im Bimetall ausbilden. Diese können so groß werden, daß sie die Streckgrenze überschreiten und den Werkstoff plastisch verformen. Die stärksten Spannungen treten in der Berührungsfläche der beiden Schichten beim Bimetall auf und betragen unter den früheren Voraussetzungen

$$\sigma_{\max} = E/2 (a_2 - a_1) (t - t_0) \quad (4)$$

Eine Verwendung als Thermobimetallkomponente setzt also schon eine gute Festigkeit voraus, wobei als Richtlinie vielleicht gelten kann, daß Aluminium gerade eben noch im Intervall $t - t_0 = 100^\circ \text{C}$ und bei einer Ausdehnungsdifferenz $(a_2 - a_1)$ von rd. $25 \cdot 10^{-6}$ verwendbar ist. Alles in allem ist aber die Forderung nach einer möglichst großen Differenz für die Ausdehnungskoeffizienten der beiden Komponenten beim Thermobimetall die Hauptwerkstoff-Forderung. Die geringste Wärmeausdehnung unter den metallischen Werkstoffen besitzt die unter dem Namen „Invar“ und „Indilatans“ bekannte 36%ige Eisen-Nickellegierung. Daneben sind noch ähnliche Legierungen auf den Basen Fe-Pt (50 ... 60% Pt) [6], Fe-Co-Cr (54% Co, 9,5% Cr) [7], Fe-Ni-Co (32,5 % Ni, 4% Co) [8] bekannt geworden, haben aber wegen des hohen Preises keinen Eingang in die Praxis gefunden. Der Ausdehnungskoeffizient zwischen 0 und 100°C für das gegossene Indilatans wird unter $2 \cdot 10^{-6}$ für die Sinterqualität unter $1 \cdot 10^{-6}$ garantiert, und kann sogar negativ werden, wenn man besondere Behandlungsverfahren anwendet. Die geringe Wärmeausdehnung aller dieser Legierungen hängt mit der starken Volumenabhängigkeit der Magnetisierung zusammen, worauf hier nicht näher eingegangen werden kann [9]. Alle diese Werkstoffe sind aber nur höchstens bis zu Temperaturen von etwa 250°C brauchbar. Oberhalb dieser Temperatur steigt die Wärmeausdehnung ganz erheblich an, wie Bild 4 [10] zeigt. Für höhere Verwendungs-

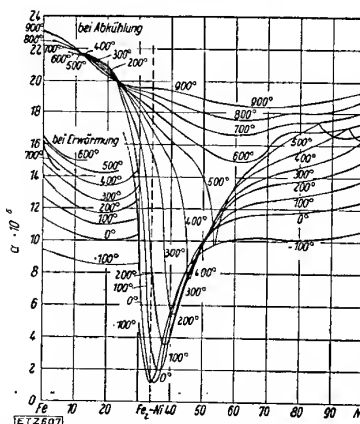


Bild 4. Isothermen des Ausdehnungskoeffizienten bei seinen Eisen-Nickel-Legierungen (nach P. Chevenard).

kann [9]. Alle diese Werkstoffe sind aber nur höchstens bis zu Temperaturen von etwa 250°C brauchbar. Oberhalb dieser Temperatur steigt die Wärmeausdehnung ganz erheblich an, wie Bild 4 [10] zeigt. Für höhere Verwendungs-

temperaturen werden beim Thermobimetall Fe-Ni-Legierungen mit höherem Nickelgehalt verwendet, z. B. mit 40 ... 44% Ni. Wie Bild 4 zeigt, liegen die Werte des Ausdehnungskoeffizienten dieser Legierungen bei höheren Temperaturen günstiger.

In der Hauptsache wurde früher als Seite mit hoher Wärmeausdehnung eine Fe-Ni-Legierung mit 25% Ni verwendet. Es kommt bei solchen irreversiblen Eisen-Nickel-Legierungen darauf an, durch Zusatz von Kohlenstoff diese rein austenitisch zu machen, da der Austenit allgemein eine sehr viel größere Wärmeausdehnung als der Ferrit besitzt. Der Ausdehnungskoeffizient des Werkstoffes liegt bei ungefähr $18 \cdot 10^{-6}$. In den letzten Jahren ist es im Anschluß an ältere ausländische Ergebnisse gelungen,

durch einen teilweisen Ersatz des Nickels durch Mangan eine Wertesteigerung zu erzielen. Der Ausdehnungskoeffizient steigt dabei über $20 \cdot 10^{-6}$. Man kann im Legierungsgehalt heruntergehen bis auf 10% Mn, 5% Ni. Einen sehr hohen Ausdehnungskoeffizienten besitzt auch Aluminium mit $24 \cdot 10^{-6}$. Wegen der schon erwähnten großen Weichheit und der damit verbundenen Gefahr einer plastischen Verformung ist der Einsatz von Aluminium im Thermobimetall über erste Versuche noch nicht herausgekommen [11]. In der Patentliteratur findet man auch Fe-Ni-Mo- und Fe-Ni-Mn-Cr-Legierungen als Bimetallseite mit hoher Wärmeausdehnung empfohlen, ohne daß bezüglich Krümmung nennenswerte Vorteile vorhanden zu sein scheinen. Auch sind hin und wieder rostfreie austenitische Fe-Ni-Cr-Legierungen in geringer Menge eingesetzt worden. Über die Herstellung des Thermobimetalls aus geschmiedeten Brammen der beiden Komponenten durch Schweißplattierung sind bereits Angaben gemacht. In letzter Zeit wird daneben auch die Sinterherstellung ausgeführt. Pulver der beiden Komponenten werden nacheinander in Sinteröfpe gefüllt. Nach der Sinterung folgt die Ausschmiedung und das Walzen, die in diesem Fall zu einer besonders guten Haftung der beiden Komponenten aufeinander führt. In der ganzen Art der Herstellung ist die Sinterherstellung sehr einfach und umgeht die mühsame Plattierung der gegossenen Brammen. Durch den hohen derzeitigen Pulverpreis, insbesondere für das zum Sintern notwendige feinkörnige Carbonyleisenpulver, hat sie allerdings die Schmelzherstellung noch nicht verdrängen können. Diese Art der Herstellung bleibt aber für die Zukunft sehr zu beachten. In der Tafel 1 sind abschließend die heute geläufigsten Bimetallsorten angegeben.

Will man Bimetall bei tieferen Temperaturen verwenden, so muß man die 25%ige Eisen-Nickel-Legierung durch einen Werkstoff ersetzen, der bei tieferen Temperaturen keinen Umwandlungspunkt besitzt. Die Fe-Ni-Mn-Legierungen sind für diesen Zweck günstiger. Hierfür werden häufig auch Kombinationen von Eisen und Nickel mit der 36%igen Eisen-Nickel-Legierung, brauchbar bis -80°C , eingesetzt.

Tafel 1. Die heute geläufigsten Bimetalle.

Zusammensetzung		Mittlere spezif. Krümmung 10000,0°C	Spezifische Ausbiegung mm/100 mm/°C	Spezifischer elektrischer Widerstand $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$	Gebrauchstemperatur	Qualität
kleine Ausdehnung	große Ausdehnung					
36 % Ni-Fe	20% Ni, 6% Mn, Rest Fe	3,14	0,157	0,78	$-40 \dots +250^{\circ}\text{C}$	Sinter
36 % Ni-Fe	20% Ni, 6% Mn, Rest Fe	3,08	0,154	0,78	$-40 \dots +250^{\circ}\text{C}$	Guß
36 % Ni-Fe	25% Ni-Fe	2,6	0,130	0,85	$-20 \dots +250^{\circ}\text{C}$	Guß
42 % Ni-Fe	25% Ni-Fe	2,1	0,103	0,70	$-20 \dots +400^{\circ}\text{C}$	Guß
36 % Ni-Fe	Ni	1,9	0,097	0,15	$-80 \dots +400^{\circ}\text{C}$	Guß

Die oben ausgeführten theoretischen Betrachtungen gelten streng nur für den Fall, daß außer den dort erwähnten praktisch keine anderen Spannungen in Betracht zu ziehen sind. Zur Hebung der Arbeitsleistung wird die Festigkeit durch Kaltwalzen in den meisten Fällen heraufgesetzt. Da sich Spannungen von der Verarbeitung her bei Erwärmung ausgleichen und danach zusätzliche und meist undurchsichtige Deformationen des Bimetallstreifens veranlassen und kein reproduzierbares Arbeiten des Thermobimetalles gestatten, wird vor Ablieferung das Bimetall etwa 50° über die höchste Gebrauchstemperatur erwärmt [12].

Schrifttum

[1] z. B. W. Heuse: Arch. techn. Messen J 211—1 (Juli 1950). E. Wall: Metall 21 (1942) S. 634.
[2] z. B. W. Aumann: ETZ 48 (1927) S. 1145; Bericht: Elektrowärme 4 (1934) S. 237; Siemens-Z. 1926, S. 112; ETZ 47 (1926) S. 240; A. Scherbus: ETZ 47 (1926) S. 224.
[3] z. B. J. Wolf: ETZ 47 (1926) S. 722.
[4] S. Timoshenko: J. Opt. Soc. Amer. und Rev. Sci. Instr. 11 (1925) S. 233.
[5] z. B. H. Schrader u. Fahlenbrach: Z. VDI 91 (1949) S. 492.
[6] A. Kußmann: Phys. Z. 38 (1937) S. 41/42.
[7] A. Kußmann, M. Auwärter u. H. Grfn. v. Rittberg: Ann. Phys. 4 (1948) S. 174. Ref. in ETZ 72 (1951) H. 6, S. 185.
[8] H. Masumoto: Sc. Rep. Tohoku Imp. Univ. 23 (1934) S. 265.
[9] H. Masumoto: Sc. Rep. Tohoku Imp. Univ. 20 (1931) S. 101.
[10] z. B. E. Houdremont: Techn. Mitt. Krupp, Forschungsber. 5 (1942) S. 311.
[11] P. Chevenard: Aciers spec. 3 (1930) S. 13.
[12] Deutsche Patentanmeldung T 50 290 (1938) (Trierer Walzwerk); Deutsche Patentanmeldungen K 162788 und K 162789 (1941) (Friedr. Krupp).
[12] Weitere Thermobimetallliteratur: J. Bingel: Arch. Metallk. 3 (1949) S. 422.
E. Wall: Z. angew. Meteorol. 5 (1941) S. 269.
A. Schwartz: Messtechn. 17 (1941) S. 33.
H. Buchholz: Z. techn. Phys. 11 (1930) S. 273.
S. G. Eskin u. J. R. Fritze: Trans. Amer. Soc. mech. Engrs. 62 (1940) S. 433.

Magnesiumanoden zum Schutz von Ölleitungen

DK 621.643.22 : 620.191.2

Schutzanstriche und Bitumenüberzüge bieten im Erdboden verlegten eisernen Rohrleitungen nur einen ausreichenden Korrosionsschutz, so lange sie unverletzt bleiben. Da die Verletzungsgefahr während und nach Verlegung der Rohrleitung groß ist, können die Rohre bei einem Schaden allein durch elektrochemische Mittel sofort wirksam geschützt werden. Nach ausführlicher Erörterung der Korrosions- und Schutzmöglichkeiten und ihrer theoretischen Begründung bespricht der Verfasser¹ die in USA vielfach zum Schutz von Ölleitungen verwendeten Magnesiumanoden, für welche sich eine Legierung mit geringen Zusätzen von Aluminium und Zink am vorteilhaftesten erwies, da sie das Abbröckeln von Anodenmaterial unterbindet und seinen gleichmäßigen Verbrauch gewährleistet. In der Regel werden zylindrische Anoden von 12 cm Dmr. und 52 cm Länge verwendet, die in ständig durchfeuchtetem Erdreich im Abstand 3 ... 5 m von der Rohrleitung angeordnet und mit ihr durch Anodenkabel verbunden werden. Bei 100 mA Stromausbeute je Anode kommen hierbei 6 Anoden auf die Meile (1,6 km).

Die durchschnittliche Lebensdauer wird mit 10 Jahren angegeben. Für Magnesium als Anodenmaterial sprechen sein hohes negatives Potential in der Spannungsreihe², seine Unabhängigkeit vom p_H -Wert des Erdbodens und die praktisch gleichbleibende Potentialdifferenz gegenüber Eisen bei allen praktisch vorkommenden p_H -Werten, sowie seine geringe Neigung zur anodischen Polarisation und Schutzfilmbildung. Die hohe kathodische Schutzwirkung wird durch den Niederschlag von Magnesiumhydroxyd oder -karbonat an den Schadenstellen der Rohrleitung wirksam unterstützt, wobei p_H -Werte von etwa 10 und darüber auftreten, bei denen Lochfraß, Spongiose (Eisenschwamm) und bakterielle Korrosion praktisch unterbunden werden. In sauren Böden soll man Magnesium nicht verwenden. Kurze Hinweise werden über die Anwendung halbkugelförmiger Anoden zum Schutze von Hafenanlagen sowie über Anoden zum Schutz von Heißwasserspeichern gemacht.

S-z

¹ W. F. Higgins: Magnesium Rev. 8 (1950) H. 2.

² Die Arbeit gibt den Wert mit $-1,55\text{ V}$ zu niedrig an. Vgl. z. B. Jander—Spandau: Kurzes Lehrbuch der anorganischen Chemie, 3. Aufl., S. 127, wo ein Wert von $-2,4\text{ V}$ genannt ist.

Elektrotechnik — Elektrizitätswirtschaft — Energiewirtschaft

Von Herbert F. Mueller, Karlsruhe

DK 621.3 : 620.9

Übersicht. Die Elektrotechnik brachte zwei produktionstechnische Besonderheiten zu hervorragender Entfaltung: die auf Normung und Typung beruhende Serien- und Massenfertigung hochwertiger Erzeugnisse und die Energieversorgung. Die wirtschaftliche Eigenart der letztgenannten hat die „Elektrizitätswirtschaft“ als Betriebswirtschaftslehre der Stromversorgung entstehen lassen. Als Glied der Energiewirtschaft dagegen umfaßt die Elektrizitätswirtschaft die Deckung des Bedarfs an Licht, Kraft und Wärme (durch elektrischen Strom). Sie hat ihre Bedarfsdeckungsaufgabe gemein mit der Elektroindustrie einerseits, mit den übrigen Gliedern der Energiewirtschaft andererseits. In dieser Aufgabe und in der Bewertung des Verbrauchers (als Bedarfsträger und als Endproduzenten) begegnen sich die sonst einander fernstehenden Zweige der Kohle-, Öl-, Gas- und Stromerzeugung, der Maschinen-, Geräte- und Elektroindustrie.

Die zeitliche Entwicklung des Handwerks zur „Manufaktur“ im 17. und 18. Jahrhundert und die der Manufaktur zur Fabrik im 19. Jahrhundert waren gegeben durch das Aufkommen des Merkantilismus und durch die Ausbreitung der Dampfmaschine. Alle „Gewerbe“, die sich geschichtlich auf Handwerk oder Manufaktur zurückführen lassen, haben sich auf diesem Wege bis zum Aufkommen ihrer „Industrien“ entfaltet. Ein genauer Zeitpunkt für deren Entstehung läßt sich nicht angeben. Für die Elektroindustrie gilt beides nicht. Die Elektrizität als technisch verwertbare Energieform war erst seit Mitte des 19. Jahrhunderts bekannt. 1847 gründete der Artillerieleutnant Werner Siemens¹ zusammen mit dem zunächst sehr zurückhaltenden Mechaniker Halske die heutige Weltfirma; sie überraschte nach Erfindung der Dynamomaschine 1866 und nach Verbesserung des vorher schon bekannten Elektromotors im Jahre 1879 durch die erste elektrische Bahn auf der Berliner Gewerbeausstellung (man beachte: sie hatte noch nicht die Bezeichnung einer Industrierausstellung!), durch das erste Hochbahnprojekt schon 1880 und durch die erste elektrische Straßenbahn in Berlin-Lichterfelde 1881. Die Elektrotechnik war Tatsache geworden, noch ehe das Bewußtsein dafür aufgekommen war. Das aber dauerte nicht mehr lange. 1879 hatte Edison die Kohlenfadenlampe gefunden — erfunden, d. h. erstmalig, hatte sie der Uhrmacher Goebel aus Springe bei Hannover schon 1850 —, in der Pearl-Street in New York wurde das erste „Kraftwerk“ gebaut; 1881 lernten Emil Rathenau und Oskar v. Miller die Edisonlampe auf der Pariser Weltausstellung kennen. Damit begann eine neue Phase der Entwicklung.

Rathenau erwarb sofort die Edison-Lizenzen und gründete eine Studiengesellschaft zu ihrer Auswertung, aus der 1883 die Deutsche Edison- und 1887 die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG) hervorgingen; 1884 schon entstanden, gegen viel Mißtrauen ankämpfend, die „Berliner Städtischen Elektrizitätswerke“. Das weitere kann hier übergegangen werden. Das besondere Verdienst Rathenaus liegt neben diesen Pionierleistungen in der Erkenntnis, welche ausschlaggebende Bedeutung den Problemen der Normung, der Serien- und Massenerzeugung für die Elektrotechnik zukam. Das, was wir „wirtschaftliche Fertigung“ nennen und was — wesentlich gefördert durch die Gewehrfabrikation — im Maschinenbau zur Typisierung führte, beschäftigte den Maschinenbauer Rathenau (wie auch den ihm nahestehenden Ludwig Loewe) schon seit dem 70er Kriege. Als er unter Dutzenden geduldig „Schlange stehender“ Neugieriger auf der Pariser Ausstellung darauf wartete, auch einmal selbst die Edisonlampe ein- und ausschalten zu können, war in ihm schon der Grund gelegt für eine auf weiteste Verbreitung der neuen Technik angelegte Fabrikation, die nur durch Maschinen, mehr und mehr durch Automaten bewältigt werden konnte.

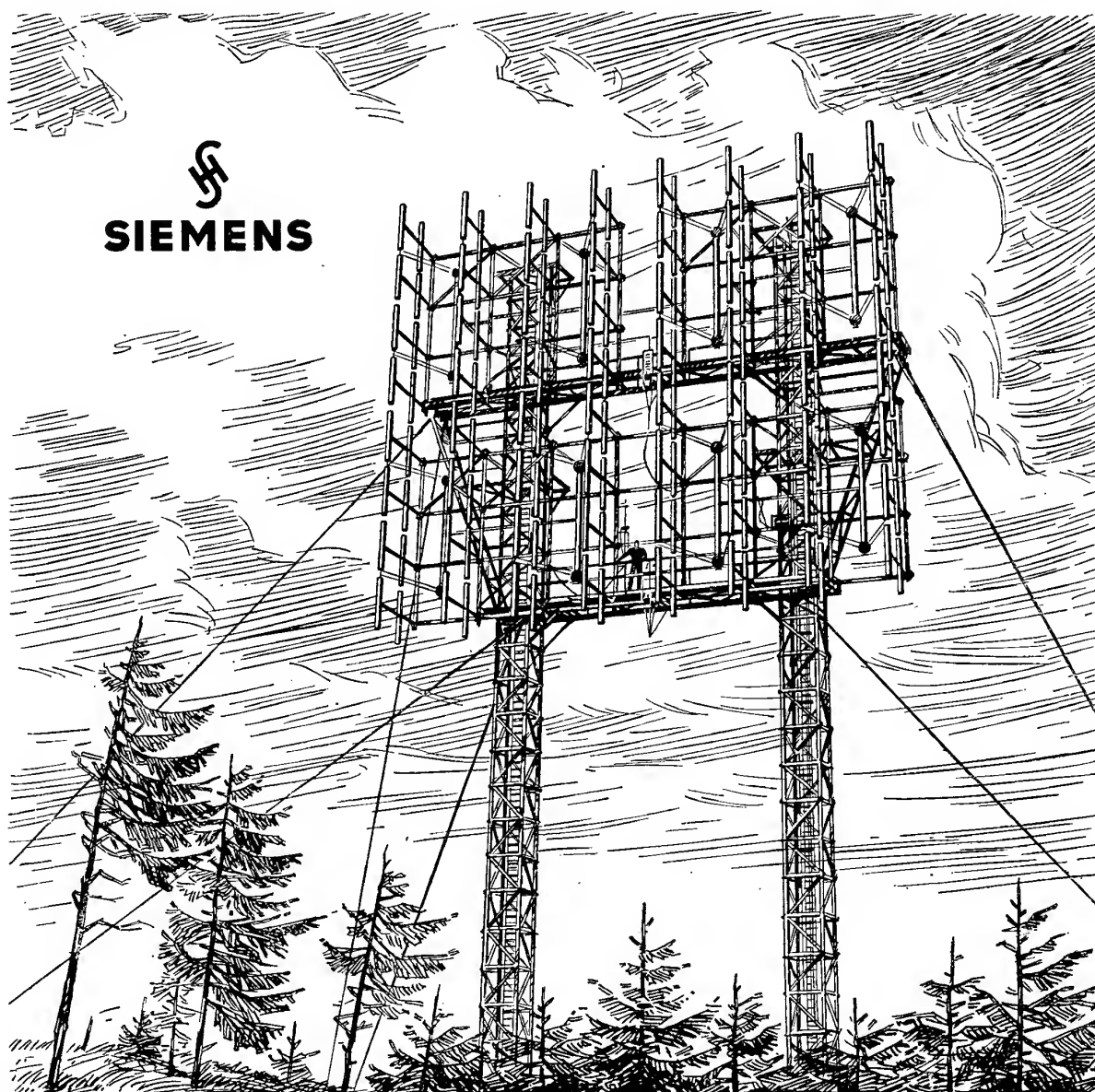
Frühzeitig hatte ein junger Mitarbeiter Edisons, der spätere Berliner Industrielle Bergmann, ähnliche Pionier-

arbeiten auf einem Teilgebiet vollbracht, als er die ersten serienmäßig zu fertigenden Typen von Installationsteilen schuf. Man kann werden und Entwicklung der Elektrotechnik nicht erfassen, ohne sich dieser fundamentalen Tatsachen bewußt zu sein. Sie lassen erkennen, in welchem Maße die Fertigungstechnik von Wirtschaftlichkeitserwägungen abhing und umgekehrt. Das Zeitalter der Elektrizitätswirtschaft war angebrochen!

Rathenau mußte nicht der Mensch mit dem untrüglichen Sinn für das Kommende gewesen sein, wenn er es nicht auch in Menschen zu wittern vermocht hätte. Als er 1882 auf der ersten deutschen elektrischen Ausstellung in München eine aufsehenerregende Glühlichtanlage zeigte, lernte er den Initiator und Organisator der Ausstellung, den jungen Bauingenieur Oskar v. Miller kennen. Er machte ihn bald darauf zu seinem Mitarbeiter. Aber in Millers Kopf sahen die gleichen Visionen des Kommenden anders aus. Sein Vater, der berühmte Erzgießer Ferdinand v. Miller, hatte ihm auf Wanderungen den Sinn für die Ausnutzung von Wasserkraften eingegeben, und schon auf der Münchener Ausstellung veranlaßte der junge Miller den Franzosen Deprez zu der Vorführung der ersten elektrischen Kraftübertragung von Miesbach her über 57 km. Sie wurde bestaunt wie ein Wunder — und war es auch, als reine Gleichstromübertragung mit damaligen Mitteln! Aber Miller sah tiefer. Wie sollte man Leistungen, Widerstände, Verluste beherrschen, ohne sie zuverlässig messen zu können? Die Frage war umso wichtiger, als er eine ausstellungstechnische Neuheit von erheblicher Tragweite eingeführt hatte: statt der üblichen Medaillen versprach er Leistungsdiplome und leitete damit auf ganz anderem Gebiet eine neue Entwicklung ein. Miller kannte den ungefähr gleichaltrigen Münchener Privatdozenten der Physik, Erasmus Kittler. Sie müssen sich viel über die Elektrizitätslehre unterhalten haben, denn er wußte keinen besseren mit der Aufstellung von Prüfvorschriften und der Entwicklung der erforderlichen Meßmethoden zu betrauen als ihn. Dadurch aber fiel Kittler an anderer Stelle auf. Erst Anfang 1882 war die Technische Hochschule Darmstadt mit knapper Not (zum zweiten Mal) dem Auflösungsbeschuß aus Mangel an Hörern entgangen, und der Darmstädter Physiker Dorn versprach sich von dem Besuch der viel besprochenen Münchener Ausstellung einige Anregung. Die Gründung des ersten deutschen Lehrstuhls für Elektrotechnik in Darmstadt und die Berufung Kittlers zu seinem ersten Inhaber schon auf den 1. November 1882 waren die Folge. Kittler hat die in ihn gesetzten Erwartungen mehr als erfüllt. Nicht nur der Eifer, sondern auch der Weitblick, die hohen organisatorischen, pädagogischen und menschlichen Fähigkeiten, mit denen er an die Schaffung eines elektrotechnischen Studienplans, entsprechender Lehrmöglichkeiten und Laboratorien heranging, ließen die sehr bald von ihm ins Leben gerufene Elektrotechnische Abteilung zu einer Berühmtheit der Darmstädter Hochschule werden, die ihren Ruf bis heute bewahrt hat. Einer von Kittlers ersten Assistenten, Dolivo-Dobrowolsky, dem wesentliches Verdienst an der Entwicklung des Drehstroms gebührt, wurde auf seine Veranlassung von Miller zu Rathenau gebracht; bald schuf er im ersten brauchbaren Drehstrommotor eine wichtige Voraussetzung für die Drehstromübertragung. Die weitere Entwicklung, die mit dem Namen Millers und der Kraftübertragung Lauffen-Frankfurt 1891 engstens verbunden ist, soll hier ebenfalls nicht verfolgt werden.

Um die Jahrhundertwende jedenfalls hatten es Elektrotechnik und Elektroindustrie, zu denen fünfzig Jahre vorher der Grund gelegt wurde, zu vielseitiger Bedeutung gebracht. Aus der Empirie war eine Wissenschaft, aus bescheidenen Anfängen waren Unternehmen von Weltruf, aus Blockzentralen schon eine stattliche Reihe von Stromversorgungsbetrieben hervorgegangen. Der Begriff der

¹ Die Offizierslaufbahn hatte er eingeschlagen, um entsprechend seinen finanziellen Möglichkeiten billig zu technischen Studien zu kommen; auf der Vereinigten Artillerie- und Ingenieurschule in Berlin waren Männer wie Ohm, Magnus, Erdmann seine Lehrer gewesen (1835 ... 1838). 1849 nahm der 33jährige seinen Abschied, um sich dem ersten großen Staatsauftrag auf Anlegung der Telegraphenleitung Berlin-Frankfurt a. M. und der Fülle auf ihn zuströmender Arbeiten zu widmen.



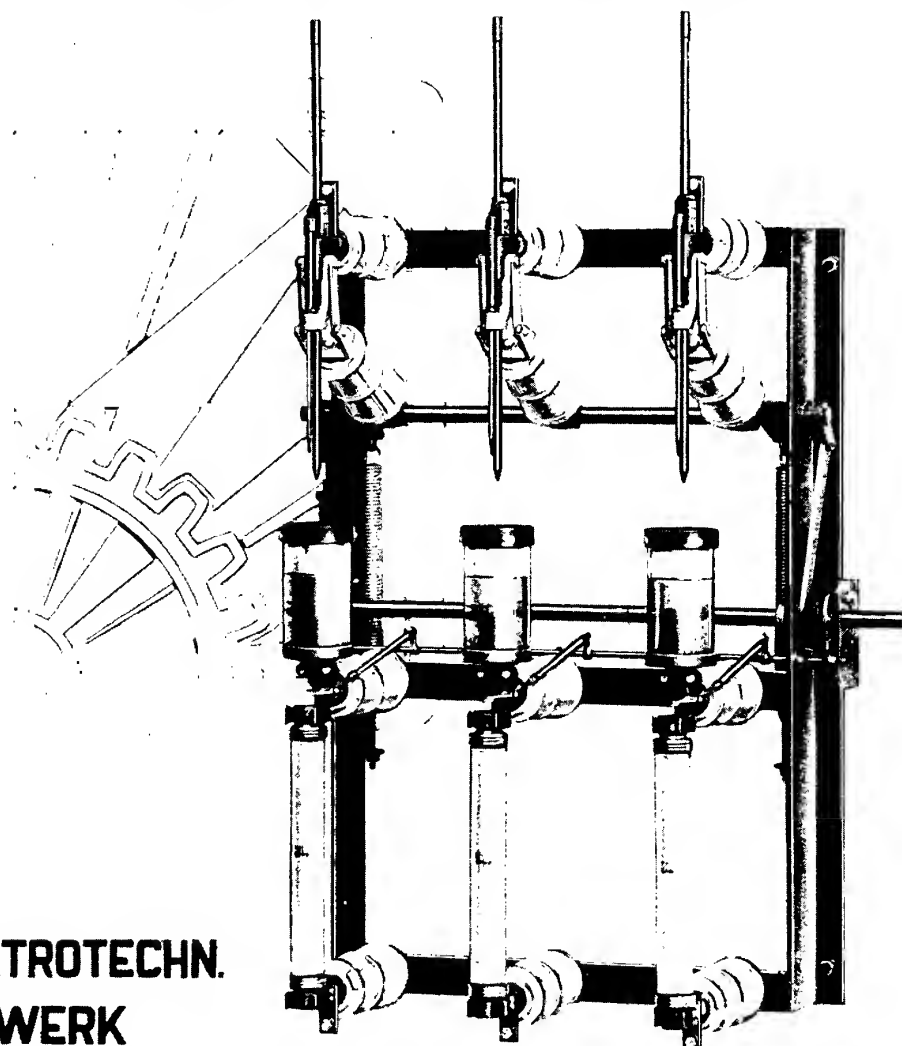
H 10
Breitband-Antennenfeld einer Meterwellenfunkbrücke

**Richtfunk-Verbindungen zwischen Berlin und Westdeutschland,
ein wichtiger Teil des deutschen Fernsprechnetzes**

Seit den ersten Anfängen der Fernmelde-, Meß- und Radiotechnik
hat das Haus Siemens maßgebenden Anteil an der Entwicklung
aller Zweige dieses weiten Arbeitsgebietes.

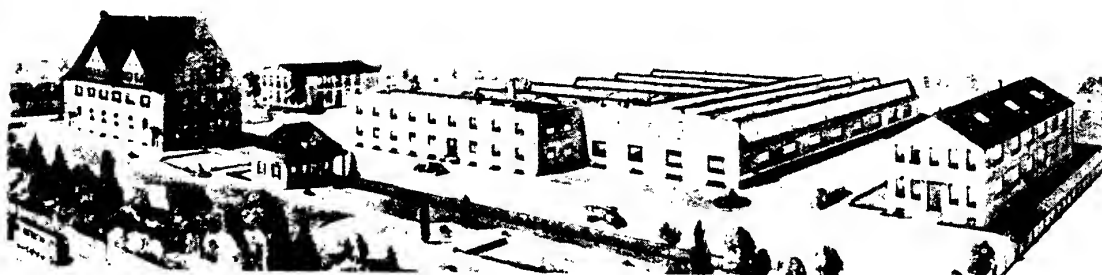
SIEMENS & HALSKE AKTIENGESELLSCHAFT

Dreipoliger ölarmer Leistungs-Trennsicherungsschalter



**ELEKTROTECHN.
WERK**

**FRITZ DRIESCHER JR.
MOOSBURG/OBB.**



Elektrizitätswirtschaft fing an, von sich reden zu machen. Es sollte aber ein weiteres Vierteljahrhundert vergehen, bis er gestaltende Kraft gewann. Die Elektrotechnik selbst hatte ihn herbeigezwungen. Denn schon bald war in Lehre und Forschung, in Studium und Praxis jene Zweiteilung aufgetaucht, die uns in den Namen Rathenau und Miller bereits begegnet ist, ohne in ihnen oder gar in Siemens schon vollzogen zu sein: die Gabelung der (Starkstrom-)Elektrotechnik in den Bau elektrischer Maschinen (im weitesten Sinne des Wortes) und den Betrieb von elektrischen Anlagen. Alle industrielle Technik ist bestimmt von der Wirtschaft, der sie dienstbar ist. Aber während die stoffliche Produktion Stückarbeit ist und als solche konstruiert und kalkuliert, gehandelt oder eben nicht gefertigt wird, beruht die Elektrizitätsproduktion auf Wagnissen, wie sie der Industrie in dieser Art fremd sind, weil Fertigung und Verkauf des Produktes kWh unlösbar, in manchem Sinn unkontrollierbar, ineinander verschlungen sind, so daß weder die Kosten noch die Preise der Einheit kWh klar erscheinen. Je mehr neben oder an Stelle der ortsgebundenen Stromerzeugung nun noch der Fernstrombezug hervortrat und damit die Kostengestaltung durch die Wahl der mehr oder weniger weit entfernten Großkraftwerke oder Energiequellen, der Übertragungsspannungen usw. beeinflusst wurde, umso unhaltbarer erwies sich die Empirie als Kalkulationsbasis. Man benötigte für die erforderliche weitschauende Planung eine Methodik der Kostenermittlung, die sich nicht auf persönliche Erfahrungen allein gründete. Ruppert Schneider hat das Verdienst, sie zum Gegenstand akademischer Lehre und Forschung ausgebaut zu haben. Als Kittlers Schüler, der im Bau und im Betrieb von Stromlieferungsanlagen reiche Erfahrungen gesammelt hatte, richtete Schneider seine besondere Aufmerksamkeit auf die Probleme der Kostengestaltung und ihre mathematische Erfassung unter verschiedensten betrieblichen und baulichen Voraussetzungen. Kittlers Schüler und Nachfolger auf dem Darmstädter Lehrstuhl, Petersen, veranlaßte im Jahre 1925 seine Berufung nach Darmstadt zum ersten Professor für Elektrizitätswirtschaft². Aus seiner Schule gingen Elektrizitätswirtschaftler von Rang hervor, u. a. der früh verstorbene Schnaus, der die tariftechnische Entwicklung der dreißiger Jahre maßgeblich beeinflusst hat. Auch im Energiewirtschaftsgesetz von 1935 findet sich der Einfluß Schneiders neben dem Friedrich Lists, des damaligen Inhabers einer a. o. Professur „Recht der Technik“ an der TH. Darmstadt. List, der mit Schneider ein gemeinsames Seminar abhielt, ist der Urheber der Rechtsauffassung von der Energieversorgung als einer hoheitsrechtlichen Aufgabe, die auf beliebige Leistungswillige auf Grund staatlicher Normen und Aufsichtsbefugnisse übertragen werden kann³. Bei dieser in ihrer Tragweite wohl heute noch nicht ganz gewürdigten Konzeption haben die Erkenntnisse der „Elektrizitätswirtschaft“ zweifellos Pate gestanden.

Die Zusammenfassung und Krönung des Schneiderschen Lebenswerks ist in seinem Buch „Elektrische Energiewirtschaft“ zu sehen, das 1936 erschienen ist. Es trägt den Untertitel: „Die Betriebswirtschaft der Elektrizitätsversorgungsunternehmen“. Der grundlegenden Bedeutung dieses Buches tut es keinen Abbruch, wenn gesagt wird, daß der Untertitel seinen Inhalt treffender wiedergibt — in Übereinstimmung mit dem, was oben über das Lehr- und Forschungsgebiet der Elektrizitätswirtschaft ausgeführt wurde — als der Haupttitel. Im Sinn der

Schneiderschen Interpretation sind an mehreren, heute wohl an fast allen Technischen Hochschulen Lehraufträge für „Elektrizitätswirtschaft“ entstanden, und sie entsprechen einem nicht mehr bezweiferten Bedürfnis (wenn auch das Gebotene wohl in sich Abweichungen aufweist, deren Bereinigung erwünscht wäre). Wo die Technik der Erzeugung, Ausbreitung und Anwendung der Elektrizität gelehrt und vertieft wird, müssen die — nicht nur sie bestimmenden, sondern auch von ihr maßgeblich bestimmten — ökonomischen Fragen berücksichtigt werden. Aber ist das „Elektrische Energiewirtschaft?“ Schon die Bezeichnung „Elektrizitätswirtschaft“ ist problematisch, wenn auch nicht mehr als etwa die „Wärmewirtschaft“ oder die „Bauwirtschaft“. In allen diesen Fällen ist zu einer technischen Disziplin die wirtschaftliche getreten, wobei „Wirtschaften“ keineswegs nur als ein Rechnen in (Geld-) Werten aufgefaßt wird, sondern als Anwendungsgebiet des „wirtschaftlichen Prinzips“. Verspüren wir aber schon ein gewisses Unbehagen, wenn wir allein diese drei Kombinationen von Wirtschaftsbegriffen einander gegenüberstellen, so tritt uns in der Gleichsetzung der „Betriebswirtschaft des Elektrizitätswerks“ mit „Elektrizitätswirtschaft“ oder „Elektrische Energiewirtschaft“ eine Eigentümlichkeit entgegen, die uns häufig in der deutschen Wirtschaft begegnet: die unbefangene Gleichsetzung dessen, was die „Produktion“ an- oder was von ihr ausgeht, mit „Wirtschaft“. In der „Elektrizitätswirtschaft“ beschränkt sich diese Begriffseingrenzung noch weitergehend dadurch, daß dabei im allgemeinen nicht einmal an die Produktion der Elektroindustrie gedacht wird, sondern lediglich an die Stromversorgung. So sehr anerkannt werden muß, daß diese ihre besonderen ökonomischen Fragestellungen hat, so unbefriedigend ist diese Eingrenzung des Begriffes „Wirtschaft“.

Haben wir durch diese Überlegungen also den heute meist gemeinten Inhalt des Begriffes „Elektrizitätswirtschaft“ erkannt — wir werden sehen, daß er nicht allein gültig ist — und können wir diesen nicht durch „Elektrische Energiewirtschaft“ ausdrücken, so ergibt sich nun die Frage nach dem Wesen und der Aufgabe einer „Energiewirtschaft“. Folgende negative Feststellung kann dabei vorausgeschickt werden. Wenn es eine technische Zwangsläufigkeit war, die aus der Elektrotechnik — und nicht aus der Wirtschaftskunde — die Disziplin der „Elektrizitätswirtschaft“ hat hervordringen lassen, so gibt es keine solche Zwangsläufigkeit, die zu einer energiewirtschaftlichen Disziplin führen mußte: es fehlt dazu eine der Elektrotechnik entsprechende einheitliche „Energietechnik“. Aus dieser Feststellung, die mindestens eine Erklärung dafür gibt, daß noch an keiner deutschen technischen Hochschule außer Karlsruhe die Energiewirtschaft anerkanntes Lehrfach geworden ist, folgt die Frage: was soll in diesem Fall unter Energie, was unter Wirtschaft verstanden werden?

Wendet man sich an einen Praktiker, so wird er meist an seinen Betrieb denken und die Energiewirtschaft als so etwas wie eine Bilanz erläutern, wobei als Rechnungseinheiten einmal die Kilo Kohle, die Kubikmeter Gas, die Kilowattstunden Strom auftreten, einmal ihre Preise, einmal ihre Heizwerte. Das ganze ist eine betriebswirtschaftliche Aufwands- und Ertragsrechnung in technischen und in ökonomischen Wertmaßen, wobei der Techniker mehr zu einer reinen Kalorienrechnung, der Kaufmann mehr zu einer Geldrechnung neigt. Sehen wir davon ab, daß diese Unterschiede selten bewußt werden und überhaupt die Vorstellungen von dem, was unter Energiewirtschaft zu verstehen ist, meist recht unklar bleiben, so können wir das vom Betrieb aus Gesehene immerhin auf die Volks- und Weltwirtschaft übertragen. Es ist offensichtlich die Versorgung mit Kalorien unter ökonomisch befriedigenden Bedingungen, was unter Energiewirtschaft im betrieblichen und überbetrieblichen Sinn zu begreifen ist. Dabei stellt man sehr bald fest, daß Kalorie und Kalorie nicht dasselbe ist, so wenig wie Kilogramm und Kilogramm. Dieses kann Kartoffeln, Eisen oder Kohle repräsentieren, jene Licht, Kraft oder Wärme (um nur die wichtigsten Energieformen zu nennen). „Versorgung unter ökonomisch befriedigenden Bedingungen“ — das aber ist nichts anderes als der Gegenstand der Volkswirtschaftslehre.

² Leider waren nach der Berufung Schneiders finanzielle Widerwärtigkeiten aufgetreten, die es nie zu einem „Lehrstuhl“ für Elektrizitätswirtschaft in Darmstadt haben kommen lassen. Schneider blieb bis zu seinem Tod (1941) persönlicher Professor für einen Lehrauftrag, der ihm nur in den letzten Jahren die Besoldung eines älteren Assistenten, im übrigen tiefe Kränkungen und Enttäuschungen eingetragen hat.

³ Diese Lehre von der eigenartigen Zwischenstellung der Energieversorgung zwischen öffentlichem und privatem Recht, die sich entgegen andersgerichteten Tendenzen im „Dritten Reich“ durchsetzen und in der Deutschen Bundesrepublik bisher erhalten konnte, ist als gesunde Fortentwicklung der ursprünglich rein privatrechtlichen Orientierung die beste Sicherung der Energieversorgung gegen die entgegen gesetzten Sozialisierungsexperimente, mit denen bisher kein Land der Welt nacheiferswerte Erfahrungen gemacht hat. Es ist zu bedauern, daß es zur Zeit an einer akademischen Fortentwicklung dieser und anderer Schöpfungen eines „Rechtes der Technik“ fehlt (S. „Technik und Recht“, Zeitschrift für das Recht der Wirtschaft, des Verkehrs und der Technik. Hrsgg. von Friedr. List, L. C. Wittich Verlag, Darmstadt).

Energiewirtschaft ist sonach definiert als derjenige Teil der (Volks- oder Welt- oder Betriebs-) Wirtschaft, der die Deckung des Bedarfs an (wirtschaftlich erheblichen) Energieformen zum Gegenstand hat. Daß sie „unter ökonomischen Bedingungen“ geschehen soll, ist im Rahmen des „Wirtschaftens“ selbstverständlich. Noch könnte man hinzufügen, „durch Mittel der Technik“; aber das ist im Begriff des „Bedarfs“ enthalten, da Bedarf stets wirtschaftliche Nachfrage, nicht Bedürfnis bedeutet. Wirtschaftliche Nachfrage aber besteht nur an technisch dargebotenen Energien, nicht an Licht oder Wärme der Sonne oder an der Kraft, die im Spielzeug das Windrad treibt.

Die Bedarfsobjekte der Energiewirtschaft sind also das Licht, die Kraft, die Wärme, zusammengefaßt als „Energie“ in verschiedener Form⁴. Dieses Bedarfsobjekt ist — im Gegensatz zu allen anderen Bedarfsobjekten der Wirtschaft — rein physikalischer, nicht gegenständlicher Natur⁵. Weiterhin ergibt sich als eine einzig dastehende Besonderheit der Energiewirtschaft, daß das Bedarfsobjekt Energie als solche nicht lieferbar ist. Wer Licht, Kraft oder Wärme haben will, muß sie sich dort, wo er sie braucht, in dem Zeitpunkt, da er sie braucht, selbst zubereiten oder zugänglich machen. Was Technik und Wirtschaft ihm dazu liefern können, sind die „Mittel zum Zweck“, also zunächst die Energieträger. Das sind vor allem die Brennstoffe und die Elektrizität, die ja ganz selten (etwa in der Elektrolyse) um ihrer selbst willen benötigt wird. Aber die Energieträger allein können uns gar nichts nützen. Untrennbar verbunden mit dem Bedarf an Energieträgern ist der an Energiewandlern: an Lampen, Maschinen, Öfen usw. Wir bezeichnen sie vorzugsweise als Energiegeräte. Erst mit Hilfe der Energiegeräte kann aus den Energieträgern das eigentliche Bedarfs-gut Energie in der gewünschten Form gewonnen werden. Wie siamesische Zwillinge sind also in der Energiewirtschaft zwei ganz verschiedene Produkte untrennbar miteinander als Bedarfsdeckungsgüter verwachsen: Energieträger und Energiegerät. Beide sind fast durchweg typische Erzeugnisse der Technik, aber solche sehr verschiedener technischer Disziplinen, nämlich des Bergbaus, des Maschinenbaus, der Elektrotechnik usw. Wenn also einestheils verständlich ist, daß aus dieser Zersplitterung nicht zwangsläufig eine einheitliche Energiewirtschaftsdisziplin hervorgehen konnte, so ist andernteils offenkundig, daß Energiewirtschaft — so interessant sie für die Wirtschaftskunde ist⁶ — nur auf dem Boden der technischen Hochschulen voll gedeihen kann; es sind ja auch in erster Linie die Ingenieure, die Einfluß auf ihre Entfaltung haben, die also mit ihren technischen Studien auch diese Lehre „von Herkunft, Artung und Wertung der belebenden Kräfte“ in sich aufnehmen müssen, „die alles technische Geschehen gestalten und in Gang halten“. (Zitiert aus Vorlesungen).

Nun aber begegnet uns eine dritte Besonderheit der Energiewirtschaft. Wenn das eigentliche Bedarfs-gut, die gewünschte Energieform, nicht konsumfertig geliefert werden kann, sondern Vormittel an ihrer Stelle gehandelt werden, aus denen das Gewünschte an Ort und Stelle erst jeweils bereitet werden muß, so ist der Ort des „Verbrauchs“ dieser Vormittel sowie der Energie selbst zugleich der Ort der „Erzeugung“ von Licht, Kraft und Wärme; so ist jeder Verbrauchsakt eine Produktion, so ist jeder Verbraucher sein eigener Produzent, er ist letztes Glied der Reihe, die von der Uerzeugung zur Fertigfabrikation führt. Das aber ist wieder von einzigartiger Tragweite.

Der Zweck der Wirtschaft ist der Verbrauch (Vershofen), und darum ist der Verbraucher ein vollwertiges, ja ein vorrangiges Glied aller Wirtschaft, auch wenn „die Produktion“ sich gern mit „der Wirtschaft“

identifiziert und den Verbraucher als selbstverständliches Beiwerk betrachtet. In der Energiewirtschaft wird diese Bedeutung des Verbrauchers dadurch noch gewichtiger, daß er zugleich Fertigfabrikant ist. Nicht nur seine Konsumwünsche inbezug auf Licht, Kraft und Wärme, sondern auch seine betrieblichen, wirtschaftlichen, physischen, geistigen Fähigkeiten inbezug auf die Handhabung der „Produktionsmittel“ — eben der siamesischen Zwillingen — sind von entscheidender Bedeutung für die Aufgabenstellung und Aufgabenerfüllung in der Energiewirtschaft.

Hier sind wir bei einer Problematik angelangt, die mit der einer „Elektrizitätswirtschaft“ im oben behandelten Sinne kaum noch etwas zu tun hat. Aber man erkennt, daß es eine zweite Bedeutung des Wortes „Elektrizitätswirtschaft“ geben muß, nämlich als eines Teiles der Energiewirtschaft, als „Deckung des Energiebedarfs durch Elektrizität“.

Neben diesem Zweig der Energiewirtschaft gibt es in entsprechendem Sinne eine Gaswirtschaft, eine Kohlewirtschaft, eine Mineralölwirtschaft. Jeder dieser Zweige hat es mit ganz anderen Produkten und Zwillingspaaren solcher zu tun: der eine mit Strom, Glühlampen, Elektromotoren usw. (darunter Leitungsmaterial!), der andere mit Gas und Gasgeräten, der dritte und vierte mit festen und flüssigen Brennstoffen, mit dazu gehörigen Feuerungen, Maschinen, Motoren. Soviele Produkte, so viele Unterschiede, Gegensätze, ja Fremdartigkeiten. Und kaum etwas würde sie alle zusammenführen, sie, die Strom erzeugen, Gasleitungen legen, in die Grube einfahren oder Verbrennungsmotoren konstruieren, wenn nicht das eine: daß sie alle miteinander bestrebt sind, Energiebedarf zu decken, daß sie alle miteinander ringen um den Verbraucher als Konsumenten, dem sie seine Wünsche von den Augen abzulesen trachten und auf den, sie zudem als Endproduzenten zur Erfüllung seiner eigenen Wünsche angewiesen sind. Das aber hat wieder eine besonders eigenartige Rückwirkung auf alle Glieder der Energiewirtschaft: sie treffen sich nur im Verbrauch, nicht in der Produktion, nur in der Bedarfsdeckungsaufgabe, nicht in der Bedarfstechnik. Umgekehrt: sie mögen technisch und produktionswirtschaftlich durch hohe Scheidewände voneinander getrennt sein; aber im Dienst am Verbraucher, in der absatzwirtschaftlichen Aufgabe vollzieht sich ihre Verschmelzung, Verschwisterung. Sie mögen auch hier einander den Rang abzulaufen bestrebt sein; aber in den Verbraucherswünschen und -belangen ist der unbestechliche Maßstab für ihre Leistung, ihre Wertung gegeben.

Und daraus folgt dies letzte: daß sie alle ein gemeinsames Interesse am Verbraucher haben. Wer weiß denn über seine Absatzziffern hinaus, wie die Verbraucherswünsche und seine Möglichkeiten zu beurteilen, zu bewerten sind! Gewiß, Absatzziffern sind ein wichtiger Maßstab. Aber müßte der Strom- und Elektrogeräteleieferer nicht mindestens noch die des Gas- und Gasgeräteleieferers kennen? Könnte nicht jeder von ihnen großen Nutzen ziehen aus zuverlässiger Kenntnis der Absatzentwicklung an festen und flüssigen Brennstoffen und der zugehörigen Maschinen und Feuerstätten? Energiewirtschaftliche Marktanalysen, verbrauchswirtschaftliche Untersuchungen, Messungen des Verbrauchs an Licht, Kraft und Wärme, Wertungen des Bedarfs in seinen örtlichen und zeitlichen, qualitativen und quantitativen Differenzierungen, internationale Vergleiche unter vergleichbaren Voraussetzungen (an denen es leider meist fehlt), Vorausschätzung des Bedarfs unter verschiedenen wirtschaftsevolutionären Bedingungen — das sind die zentralen Probleme einer Energiewirtschaft als Zusammenfassung aller, die an der Deckung des Bedarfs an Licht, Kraft und Wärme mitzuwirken haben (unter Einschluß der Verbraucher selbst). Es sind keineswegs rein technische Aufgaben mehr, aber ohne viel Technik geht es auch hier nicht. Freilich sind die hier am meisten interessierenden technischen Probleme nicht immer die, die bisher im Vordergrund standen. In der Elektrotechnik z. B. ist es die Anwendungs-, nicht die Erzeugungs- und Übertragungstechnik. Die Produktionsprobleme der Energiewirtschaft werden — mit ihren spezifischen Wirtschaftlichkeitsfragen — von den technischen Disziplinen in klassischer Tradition behandelt. Die

⁴ Ostwalds Satz: „Energie ist alles, was aus Arbeit gewonnen oder in Arbeit verwandelt werden kann“, ist eine physikalische Aussage, keine Definition. Eine Definition der Energie würde etwa so lauten: Energie ist das Nichtstoffliche, das Veränderungen im und am Stoff zu bewirken vermag.

⁵ Andere nicht gegenständliche aber auch nicht physikalisch-konkrete Bedarfs- und Tauschobjekte sind Rechte und Werte.

⁶ An der Universität Köln besteht seit 1943 ein gut ausgestattetes „Energiewirtschaftliches Institut“ am Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre von Prof. Dr. Wessels.

Energiewirtschaft ist ihnen gegenüber zunächst der Anwalt der Verbraucher. Das erschöpft keineswegs ihren Inhalt und ihre Aufgabe; aber es macht sie für unsere Zeit des Wiederaufbaus, der planenden Vorausschau und des wiederauflebenden energiewirtschaftlichen Wettbewerbs besonders aktuell⁷.

⁷ Die Gesellschaft für praktische Energiekunde e. V. in Karlsruhe hat sich die Förderung der Energiewirtschaft im dargelegten Sinne durch Forschung, Lehre und Aufklärung zum Ziel gesetzt. Ihre Mitglieder setzen sich hauptsächlich aus Unternehmern und Organisationen aller Zweige der Energieträgerproduktion zusammen.

Zusammenfassung

Während Elektrotechnik und Elektrizitätswirtschaft anerkannte Disziplinen unserer Hochschulen sind, wird die vielseitige Bedeutung der Energiewirtschaft noch zu wenig erkannt. Sie müßte Gegenstand der Forschung besonders an Technischen Hochschulen sein, Gegenstand der Lehre für alle Zweige der Ingenieurausbildung und Gegenstand der Gemeinschaftsarbeit für alle an der Licht-, Kraft- und Wärmebedarfsdeckung beteiligten Wirtschaftszweige und Industrien.

Der Einfluß des Fäserverlaufes auf die elektrische Verschleißfestigkeit von Wolfram-Kontakten

(Mitteilung aus dem Laboratorium der Platinerschmelze Dr. E. Dürrwächter, Pforzheim)

Von Albert Keil und Carl-Ludwig Meyer, Pforzheim

DK 537.311.4.002.3 : 669.27

Übersicht. Nach einem kurzen Überblick über die Einflüsse, die auf elektrische Abhebekontakte wirken können, wird im besonderen die Einwirkung beschrieben, die Herstellungsverfahren und Mikrostruktur auf den Abbrand von Kontakten aus einem Sinterwerkstoff haben.

Das technisch außerordentlich wichtige Gebiet der Werkstoffe für elektrische Abhebe- und Gleitkontakte ist in einer umfangreichen Spezialliteratur beschrieben worden und in kritischen Zusammenfassungen wie beispielsweise von R. Holm [1] und W. Burstyn [2] einheitlich dargestellt worden. Trotz der Vielzahl der für diesen Verwendungszweck vorgeschlagenen echten Legierungen und auf dem Sinterwege gewonnenen Verbundkörper aus Metallen, die sich auf schmelzflüssigem Wege nicht miteinander legieren lassen, oder aus Metallen mit nichtmetallischen Beimengungen, ist der Kreis der praktisch eingesetzten Werkstoffe nicht allzu groß. Dies ist eine Folge der außerordentlich vielfältigen Anforderungen, die durch die Betriebsbedingungen an einen elektrischen Schaltkörper gestellt werden, und denen letzten Endes doch nur eine begrenzte Anzahl chemischer Elemente einigermaßen gerecht werden kann. So werden bei Abhebekontakten z. B. in Abhängigkeit von der geforderten Schalteistung andere Gesichtspunkte für die Auswahl der Werkstoffe maßgebend sein, je nach dem, ob im Gebiete der Grobwanderung, also mit Funkenbildung gearbeitet werden soll oder im Gebiet der Feinwanderung. Die letztgenannte Erscheinung ist in letzter Zeit besonders durch E. Justi [3] eingehend theoretisch und praktisch untersucht worden. Weitere sehr wesentliche Gesichtspunkte können sich ferner aus der Forderung nach einem niedrigen Übergangswiderstand ergeben, der seinerseits wieder in direktem Zusammenhang steht mit der Edelkeit des Kontaktmaterials, dessen Oxydationsbeständigkeit außerdem nicht nur von der Wahl des Grundwerkstoffes abhängig ist, sondern in hohem Maße auch von der Anwesenheit weiterer, eventuell unedler Legierungskomponenten. Diese sehr komplexen Erscheinungen sind beispielsweise in den vergangenen Jahren von E. Raub [4] und G. Schrag [5] untersucht worden, und ein Beitrag dazu soll in einer späteren Arbeit noch gegeben werden.

Es erscheint demnach ohne weiteres verständlich, daß es schwer ist, in der Praxis allgemein gültige und ohne Sonderkenntnisse anwendbare Vorschriften für den Einsatz der verschiedenen Werkstoffe zu geben. Ein Schema, das als ungefähre Richtlinie dienen kann und in dem eine Übersicht bekannter Werkstoffe in Abhängigkeit von Verschleiß und Übergangswiderstand gegeben ist, wurde kürzlich von R. Palme [6] diskutiert. In einem derartigen Diagramm liegen die reinen Edelmetalle an der einen Seite (niedriger Übergangswiderstand, hoher Verschleiß), wogegen reines Wolfram den anderen Extremalwert (hoher Übergangswi-

derstand, geringster Verschleiß) darstellt und die Legierungen und Verbundstoffe das Mittelfeld füllen.

Die physikalischen und chemischen Grundeigenschaften der verwendeten Werkstoffe, auf die bei derartigen Versuchen einer systematischen Zusammenstellung Bezug genommen wird, hängen außerdem von ihrem Reinheitsgrad ab, ebenso wurde der Einfluß des Verarbeitungsprozesses bereits erkannt¹. Ein besonders eindrucksvolles Beispiel für die Wirkung dieses letzteren Faktors, das bei dem Vergleich von Wolframkontakten der verschiedensten Herkunft² und Mikrostruktur gewonnen wurde, bildet den Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

Wolfram als Kontaktwerkstoff

Entsprechend seiner Vorzugsstellung in der vorstehend erwähnten schematischen Einteilung hat sich das Wolfram viele Anwendungsgebiete gesichert, in denen es durch kein anderes Metall ersetzt werden kann. Ausschlaggebend hierfür sind: Sein hoher Schmelzpunkt, die große Härte und die geringe Neigung zur Funkenbildung. Die Anwendung erstreckt sich folglich auf solche Gebiete, in denen beim Öffnen und Schließen infolge Lichtbogenbildung eine hohe Werkstoffbeanspruchung gegeben ist. Voraussetzung sind eine genügend hohe Kontaktlast, die mindestens 20 g, besser jedoch 100 g betragen soll, und in Anbetracht des hohen Übergangswiderstandes eine nicht zu niedrige elektrische Betriebsspannung (untere Grenze etwa 6 V). Derartige Fälle sind z. B. in der Autoelektrik, bei Zerkhackerkontakten, Starkstromschaltern usw. gegeben. Infolge seines hohen Schmelzpunktes werden Wolfram-Formkörper nicht über den Schmelzfluß erzeugt, sondern pulvermetallurgisch; die Technik des Verfahrens ist von R. Kieffer und W. Hotop [7] sowie von F. Skaupy [8] eingehend beschrieben worden. Das Ausgangsprodukt für diese Fertigung ist ein Wolframpulver hohen Reinheitsgrades (99,8%), das zunächst gepreßt, dann bei hohen Temperaturen gesintert und anschließend durch Warmverformung zu Stangen des gewünschten Durchmessers verarbeitet wird. Von diesen Stangen werden dann üblicherweise mit Hilfe von schnell laufenden Trennscheiben die Kontaktplättchen abgestochen, diese auf die Kontaktträger aufgelötet oder geschweißt und anschließend auf der Kontaktfläche geschliffen, geläppt oder elektrolytisch poliert. Je nach der Temperaturführung bei der Warmverformung der Wolframstangen und der Art des gewählten Verformungsvorganges treten verschiedene Strukturen des Kristallgefüges auf, für die zunächst drei charakteristische Beispiele gegeben werden sollen. Durch Rekristallisation beim Sintern bildet sich ein grobkörniges Ge-

¹ Nach unveröffentlichten Mitteilungen von C. Römer, Siemens & Halske AG.

² Wir danken insbesondere dem Metallwerk Plansee, Reutte in Tirol, für die Überlassung von Vergleichsproben.

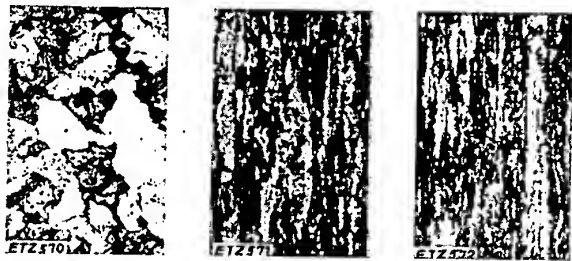


Bild 1. Rekristallisiertes Wolfram, anodisch geätzt (V = 70).
Bild 2. Gehämmertes Wolfram, anodisch geätzt (V = 70).
Bild 3. Gezogenes Wolfram, anodisch geätzt (V = 70).

füge aus (Bild 1), durch Hämmern bei hohen Temperaturen werden derartige Kristalle stark in der Längsrichtung der Stange gestreckt (Bild 2), allerdings gleichzeitig auch zertrümmert; durch Warmziehen entstehen schließlich sehr gestreckte, faserige Strukturen (Bild 3).

Nach den vorstehend erwähnten Herstellungsmethoden ist es nun gegeben, daß die beim Schmieden oder Ziehen im Wolframstab entstehende Faserstruktur senkrecht zur Kontaktfläche im abgestochenen Plättchen liegt. Eine derartige Lage der Faserrichtung wird im allgemeinen als günstig für die Kontakteigenschaften angesehen, obwohl gelegentlich aus fertigungstechnischen Gründen auch parallel zur Kontaktfläche liegende Faserstrukturen gewählt werden, nämlich dann, wenn es sich um die Herstellung von verhältnismäßig großen Kontaktflächen handelt, die sich nur durch Ausstanzen aus warmgewalzten Blechen herstellen lassen. Allgemein werden in den Liefervorschriften jedoch als im Vergleich zum Faserverlauf wichtigere Merkmale der Reinheitsgrad und die Kornzahl pro Flächeneinheit der Kontaktfläche vorgeschrieben, wobei das letztere Kennzeichen allerdings gelegentlich Mißverständnisse veranlassen kann. Die üblichen Atzmittel zur Sichtbarmachung des Gefüges, wie Ferricyanidlösung oder anodische Ätzung mit Natronlauge, lassen nämlich bei Schlifren senkrecht zur Faserstruktur nicht so sehr die Korngrenzen hervortreten, als daß sie die Kornfläche aufrauen und somit häufig eine größere Feinkörnigkeit vortäuschen. Das bessere Kriterium für die Eignung als Kontaktwerkstoff scheint daher bereits nach solchen rein methodischen Gesichtspunkten in einer Prüfung auf die Erstreckung des Kornes senkrecht zur Kontaktfläche zu liegen, die ihrerseits bei der Ätzung leichter beurteilt werden kann als die Kornzahl pro Flächeneinheit in der Kontaktfläche, quer zur Faserrichtung gemessen. Im allgemeinen ist es jedoch außerordentlich schwer, ein genaues Bild über die Zusammenhänge derartiger, nach metallographischen Gesichtspunkten definierter Strukturen mit der tatsächlichen Eignung von Kontaktwerkstoffen zu erhalten, da Kontaktversuche schwer reproduzierbar sind und entsprechend erhebliche Streuungen in den Ergebnissen auftreten können. Es schien daher der Anlaß gegeben, durch einige spezielle Versuche die Wirkung von Korngröße und Faserverlauf noch näher zu prüfen.

Einfluß des Faserverlaufes auf die Verschleißfestigkeit
Die Versuche bezogen sich auf einen Werkstoff besonderer Herstellung, bei dem eine Umkehr in der Faserrichtung

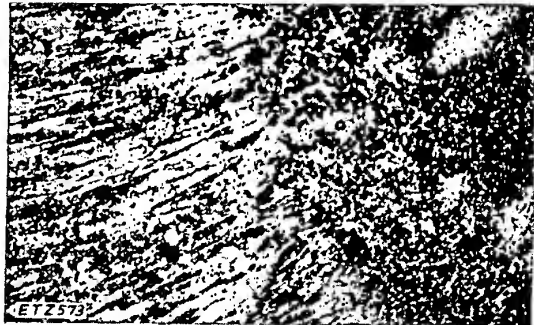


Bild 4. Zone in der Oberfläche eines Wolframkontaktes mit Änderung in der Richtung des Faserverlaufes, geätzt (V = 70).

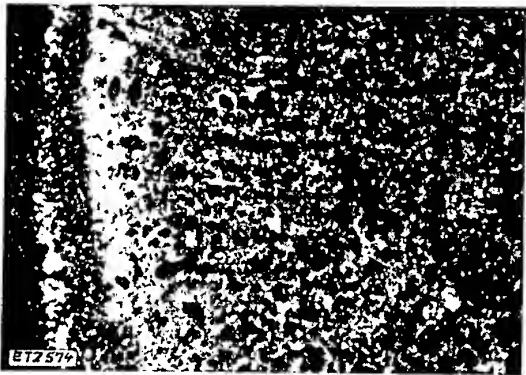


Bild 5. Randzone der Oberfläche eines Wolframkontaktes nach $2,25 \cdot 10^4$ Schaltungen, 220 V, 0,8 A, ungeätzt (V = 70).

innerhalb ein und derselben Kontaktfläche gegeben war, wodurch zweifellos eine wesentlich erhöhte Sicherheit in der Beurteilung der Ergebnisse gegenüber getrennten Einzelversuchen gegeben ist. Die untersuchten Kontaktplättchen zeigten einen Faserverlauf, wie er für Körper kennzeichnend ist, die durch eine Kraftwirkung in Richtung der ursprünglichen Faser (Stauhen) deformiert worden sind. Ein Schnitt durch ein solches Kontaktplättchen wird weiter unten in Bild 10 und 11 noch näher erläutert werden; bei ihm zeigten die Fasern im Schnittbild am Rand einen stark schleifenförmigen Verlauf und lagen in dieser Zone parallel zur Kontaktfläche, wohingegen sie in der Mittelzone senkrecht zur Kontaktfläche standen.

Bild 4 gibt im Ausschnitt einen solchen Kontakt in stärkerer Vergrößerung in Aufsicht auf die Kontaktfläche wieder, wobei die Struktur durch anodisches Ätzen sichtbar gemacht wurde. Im linken Bildteil liegen die Fasern in der Bildebene, d. h. also auch in der Ebene der Kontaktfläche, und im rechten Teil (Kontaktmitte) stehen sie senkrecht auf dieser. Da die Übergangszone recht scharf ausgeprägt war, schien es wichtig, zu wissen, wie solche Kontakte sich praktisch bewähren würden. Sie wurden in technischen Geräten untersucht bei Bedingungen, wie sie in Fernschreibmaschinen für Wechselstrombetrieb vorliegen:

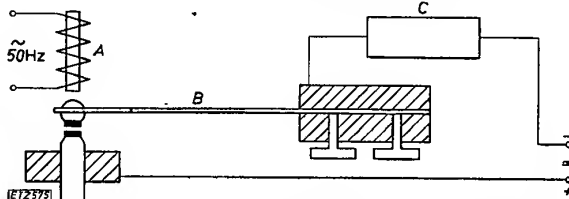
Stromstärke 0,8 A Kontaktlast etwa 300 g
Spannung 220 V Kontaktdurchmesser 4 mm
Schalthäufigkeit 25/s Oberfläche plan geschliffen.

Dabei ergab sich die bemerkenswerte Tatsache, daß bereits nach 25 Betriebsstunden an den Kontaktträndern eine deutlich sichtbare Erosion der Korngrenzen eingetreten war, die ein ähnliches Heraustreten der dort parallel zur Kontaktfläche liegenden Kristallfaser (Bild 5) wie bei einer Ätzung erkennen ließ.

Nach 80 ... 100 Betriebsstunden zeigte sich schließlich eine deutlich bevorzugte Abtragung der Randzone. Die Versuche wurden daraufhin in einer laboratoriumsmäßigen Prüfeinrichtung wiederholt, deren Schaltschema in Bild 6 gegeben ist.

Im Gegensatz zu der ersten orientierenden Versuchsserie wurde mit Gleichstrom gearbeitet, wobei sich in dem untersuchten Gebiet der Grobwanderung ausschließlich das Material der Kathode abbaut. Die Prüfbedingungen waren:

Stromstärke 4 A Kontaktlast 500 ... 1000 g (unter Zuhilfenahme des Impulssatzes überschlägig errechnet)
Spannung 36 V Kontaktdurchmesser 4 mm
Schalthäufigkeit 100/s Oberfläche plan geschliffen.



A Magnet B Blattfeder auf 100 Hz abgestimmt
C Induktionsfreier Vorwiderstand
Bild 6. Kontaktprüfgerät (schematisch).

AEG

Das Zeichen für elektrotechnische Höchstleistungen



GROSSKRAFTWERK MIT SECHS EINGEHÄUSIGEN
AEG-TURBOGENERATOREN VON JE 45.000 kW

Seit mehr als 60 Jahren plant und baut die
AEG elektrische Anlagen für alle Gebiete
der Energie-Versorgung, für die Industrie
und Verkehrswirtschaft.

Überall in der Welt, wo ungewöhnliche
Anforderungen an elektrotechnisches
Wissen und Können gestellt werden,
findet man die Erzeugnisse der AEG.

ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS - GESELLSCHAFT

*Wollen Sie noch länger auf viele ideelle
und praktische Vorteile verzichten?*

Der **VDE** bietet Ihnen:

Vorträge
Fortbildung
Zeitschriften
Fachberichte
Schriftenreihen
VDE-Vorschriften
Tagungen
Besichtigungen
VDE-Prüfungen
**Unterstützung in
technischen Fragen**

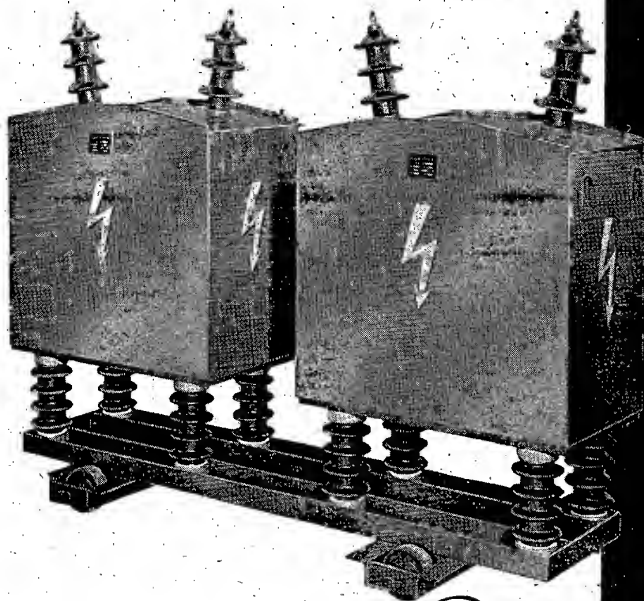
Nutzen Sie die Vorteile!

Werden Sie Mitglied im VDE!

Auskünfte erteilt das VDE-Sekretariat Frankfurt a. M. Osthafenplatz 6 Telefon 43157

Lepper-CLOPHEN-KONDENSATOREN

unter Hochvakuum getränkt



Ihre wesentlichen Vorteile sind:

- Keine Polymerisationserscheinungen, keine Zersetzung und keine X-Wachsbildung
- Hohe Dielektrizitätskonstante des Tränkmittels
- Besondere große Durchschlagsfestigkeit und kurzschlussicher
- Unempfindlichkeit gegen betriebsmäßige Überspannungen
- Temperaturbeständig und brandsicher
- Konstante dielektrische Verluste, daher kein Wärmekippen
- Relativ kleine Abmessungen
- Jede Hochvakuumbehandlung und -tränkung von Kondensatoren und die dazu benötigten Einrichtungen sind ausschließlich der Firma Lepper patentrechtlich geschützt

Lepper CLOPHEN-KONDENSATOREN
sind daher praktisch unbegrenzt haltbar
und verursachen keine Ausfälle.

KONDENSATORENFABRIK *Lepper* · HONNEF/RHEIN · TELEFON-SA.-NR. 2746

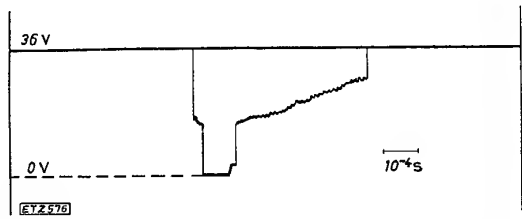


Bild 7. Spannungsschaltogramm (schematisch). Die Spannung fällt durch das Einschalten mit einer leichten Verzögerung durch den schwach markierten Einschaltlichtbogen von 36 auf 0 V. Der Kontakt bleibt $\approx 10^{-4}$ s geschlossen. Beim Öffnen bilden sich eine kleine Schmelzstufe sowie anschließend unregelmäßige Öffnungsfunken von $\approx 5 \cdot 10^{-4}$ s Dauer aus.

Die Prüfdauer betrug 15 h ($5,4 \cdot 10^6$ Schaltungen). Der Schaltvorgang wurde mit einem Oszillographen überprüft, ein schematisches Bild eines solchen Schaltvorganges ist in Bild 7 wiedergegeben. Man kann diesem Oszillogramm entnehmen, daß die Einschaltdauer rd. 10^{-4} s beträgt und daß die Schaltung prellfrei erfolgt, die Dauer des Abreißlichtbogens beträgt 0,5 ... 1 ms.

Das Ergebnis einer solchen Prüfung eines normalen Wolframplättchens, das aus einer geschmiedeten Stange abgestochen worden war und eine gleichmäßige Faserstruktur (entsprechend Bild 2) senkrecht zur Kontaktfläche besaß, ist in Bild 8 (Kathode) wiedergegeben. Die Oberfläche ist etwas aufgeraut, aber im Ganzen gleichmäßig abgetragen, die Mittelzone zeigt wie üblich einen nahezu punktförmigen stärkeren Angriff. Wolframplättchen der in Bild 4 und Bild 10 gezeigten Struktur gaben einen abweichenden Befund. Die Aufsicht auf die Kontaktfläche (Kathode, Bild 9) zeigte eine stärker und sehr unregelmäßig abgetragene Randzone und eine erhabene stehengebliebene Mittelzone. In diesem Fall war das Zentrum der Oberfläche zwar etwas verfärbt, aber an keiner Stelle stärker angegriffen. Besonders deutlich wird



Bild 8. Kontaktoberfläche (Kathode) nach $5,4 \cdot 10^6$ Schaltungen, 36 V, 4 A; Wolfram mit gleichmäßiger Faserstruktur, ungeätzt ($V = 9$).



Bild 9. Wie Bild 8, jedoch Wolfram mit wechselndem Faserverlauf (entsprechend Bild 10).

der Effekt bei höherer Vergrößerung (Bild 11), wo sich im Querschnitt die Abhängigkeit des Materialverlustes von dem Faserverlauf erkennen läßt. Zu erwähnen ist ferner noch, daß bei Blindversuchen ohne Stromdurchgang selbst nach etwa $50 \cdot 10^6$ Schaltungen keinerlei meßbare Materialverluste an Wolframkontakten auftraten, und daß bei den Gleichstromversuchen die Anode keine strukturbedingten Veränderungen zeigte. Eine rein mechanische Wirkung des Schaltvorganges (Schlagwirkung beim Schließen der Kontakte) kann also in der beschriebenen Erscheinung nicht vorliegen, sondern es muß sich tatsächlich um eine Beeinflussung der Grobwanderung im Lichtbogen durch den Faserverlauf im Kontaktwerkstoff handeln.

Man kann aus diesen Befunden die Schlußfolgerung ziehen, daß bei der elektrischen Beanspruchung ein gewisser

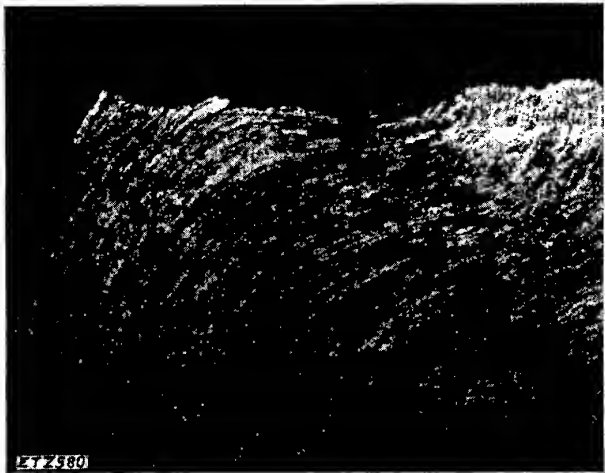


Bild 11. Teilgebiet aus der Kontakttrandzone von Bild 10, geätzt ($V = 75$).

Unterschied besteht in der Abbaugeschwindigkeit von Kristallinnerem und Korngrenze. Im Falle der senkrecht zur Abbaurichtung stehenden Faser werden zunächst die Korngrenzen abgetragen. Dieser Abbau kommt zum Stehen, wenn die Abschirmwirkung der heraustretenden Kristallspitzen genügend groß wird und die Kristalle fest im Gefüge verankert sind. Für den weiteren Stoffabbau ist dann die Abbaugeschwindigkeit des Kristallinneren geschwindigkeitsbestimmend. Liegt die Faser jedoch parallel zur Oberfläche, so können durch die Erosion der Korngrenzen leichter ganze Kristalle aus dem Gefügeverband gelöst werden, wodurch der Materialabbau vermutlich beschleunigt wird. Der bevorzugte Abbau der Korngrenzen ist an sich verständlich und bietet eine gewisse Analogie zu den Erscheinungen der interkristallinen Korrosion. Diese tritt bekanntlich bei gegossenen Legierungen häufig als Folge der Kristallseigerung auf, die sich auch für geringste Anreicherungen von Spurenelementen an den Korngrenzen durch spektrographische [9, 10] und radioaktive [11] Methoden nachweisen läßt. Im Falle der gesinterten Wolframproben ist eine bevorzugte Verunreinigung der Korngrenzen vielleicht nicht der ausschlaggebende Faktor, sondern eher der nach dem Herstellungsverfahren gegebene Verformungsvorgang bei relativ zum Schmelzpunkt niedrigen Temperaturen, der einen größeren Fehlordnungsgang der Atome an den Korngrenzen wahrscheinlich macht, weswegen weniger Energie notwendig sein dürfte, die Atome an den Korngrenzen herauszulösen. Diese Anschauung wird gestützt durch die Beobachtung an Kontaktplättchen, bei denen anscheinend durch eine stärkere Verformung in der Mittelzone keinerlei Faserrichtung mehr zu erkennen war. Bei diesen wurde der Werkstoff in der an sich sehr feinkörnigen Mittelzone nicht mehr verzögert abgebaut gegenüber der Randzone mit parallel zur Oberfläche liegender Faser, sondern sogar eher etwas beschleunigt.

Der geschilderte Effekt soll natürlich in seiner Bedeutung für die praktische Bewährung von Kontaktwerkstoffen nicht überschätzt werden, da die ungleichmäßige Abtragung von Oberflächen infolge von Struktureinflüssen klein ist im Vergleich zu Einflüssen einer mangelhaften Justierung oder einer Kontaktverschmutzung im Betrieb. Immerhin sollte er in den Fällen beachtet werden, in denen höchste Ansprüche an den Werkstoff gestellt werden und bisher bereits die Forderung nach besonderer Feinkörnigkeit erhoben wurde.

Es erscheint in diesen Fällen zweckmäßig, nicht nur die Kornzahl pro Flächeneinheit der Oberfläche zu beachten, die ausschließlich von dem Grad der Durchknetung abhängt, sondern hauptsächlich die gleichmäßige Ausbildung und geeignete Richtung der Faserstruktur zu prüfen. Ob der Effekt nur bei gesinterten Werkstoffen in meßbarer Größe auftritt oder auch bei Legierungen festgestellt werden kann, die über den Schmelzfluß erzeugt werden, bildet den Gegenstand weiterer Untersuchungen.

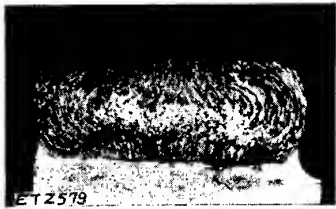


Bild 10. Schnitt durch den Kontakt von Bild 9, geätzt ($V = 9$).

Zusammenfassung

Es werden allgemein die Einflüsse besprochen, die beim Betrieb von Unterbrecherkontakten wirksam sind. Als ein besonderes Beispiel wird der Effekt gezeigt, der durch eine Änderung im Faserverlauf innerhalb der Kontaktoberfläche bei gesinterten und warmverformten Wolframplättchen beobachtet wurde. Nach den beschriebenen Versuchen erfolgt der Werkstoffabbau an der Kathode langsamer, wenn eine gleichmäßige, feinfaserige Struktur vorliegt, sofern die Faserrichtung senkrecht zur Kontaktoberfläche liegt. Bei parallel zur Kontaktoberfläche liegender Faser wird der Werkstoff etwas rascher und unregelmäßiger abgebaut.

Fräulein Herta Rothhammer danken wir für die Durchführung der metallographischen Arbeiten.

Schrifttum

- [1] R. Holm: Electric Contacts. Hugo Gebers Förlag, Stockholm 1946.
- [2] W. Burstyn: Elektrische Kontakte und Schaltvorgänge. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950.
- [3] E. Justi und H. Schultz: Abb. Braunschweig. Wiss. Ges. 1 (1949) Nr. 1, S. 89.
- [4] E. Raub: Z. Metallkde. 38 bzw. Metallforsch. 2 (1947) S. 281.
- [5] G. Schrag: Z. Metallkde. 38 bzw. Metallforsch. 2 (1947) S. 25.
- [6] R. Palme: Einf. in die Pulvermetallurgie. K. Wanke, Graz 1949; S. 172.
- [7] R. Kieffer u. W. Hotop: Pulvermetallurgie und Sinterwerkstoffe. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1948.
- [8] F. Skaupy: Metallkeramik. Verlag Chemie, Weinheim (Bergstr.) 1950.
- [9] W. Gerlach u. E. Schweitzer: Z. anorg. Chemie 173 (1928) S. 104.
- [10] A. Keil: Z. angew. Chemie 62 (1950) S. 411.
- [11] W. Seith u. A. Keil: Z. Metallkde. 26 (1934) S. 68.

Fernsehversuchssendungen im NWDR

Von Werner Nestel, Hamburg

DK 621.397

Übersicht. Nach einem Überblick über die historische Entwicklung des Fernsehens in Deutschland und einer kurzen Erläuterung des Prinzips der Fernsehübertragung wird zu den Vor- und Nachteilen der drei praktisch zur Anwendung kommenden Zeilensysteme, des englischen mit 405 Zeilen, des französischen mit 819 Zeilen und des Systems aller übrigen Länder mit 625 Zeilen bei 25 Bildern und 525 Zeilen bei 30 Bildern/s, Stellung genommen. Die Vorteile, die zur Wahl des 625-Zeilensystems in Deutschland geführt haben werden angegeben. Der Stand des Fernseh-Versuchsbetriebes des NWDR und die Vorbereitungen für ein allgemeines Publikums-Fernsehen werden beschrieben.

Das Thema Fernsehen wird zur Zeit mit größtem Interesse in der Öffentlichkeit diskutiert. Die außergewöhnliche Verbreitung, die das Fernsehen in den USA mit rd. 8 Millionen Fernsehteilnehmern innerhalb der letzten drei Jahre, in England mit rd. 0,6 Millionen Fernsehteilnehmern innerhalb der letzten zwei Jahre gefunden hat, ergibt, daß man sich auch in Deutschland Gedanken über die Einführung des Fernsehens macht.

Die deutsche Fernsehentwicklung und Fernsehtechnik stand in den Jahren vor dem Kriege mit an erster Stelle. Wir haben deshalb auf dem Fernsehgebiet eine gewisse technische Tradition zu wahren. — Schon 1928 hatte die damalige Reichspost in Zusammenarbeit mit einigen Funkfirmen Arbeiten auf dem Gebiet des Fernsehens begonnen. 1935 wurde die vorliegende technische Entwicklung das erste Mal zur regelmäßigen Übertragung von Programmen benutzt. Die Programme wurden von der damaligen Reichs-Rundfunk-Gesellschaft bereitgestellt. Fernsehempfänger waren nur einem kleinen Kreis von Fachleuten zugänglich. Das Publikum hatte jedoch Gelegenheit, in den von der Post eingerichteten Fernsehstuben, in denen entweder mehrere Empfänger oder Projektionsempfänger mit großem Bild aufgestellt waren, das damalige Fernsehen kennenzulernen.

In großem Umfang sind Übertragungen von der Berliner Olympiade im Jahre 1936 durchgeführt worden und haben die Möglichkeiten des Fernsehens besonders eindringlich gezeigt. Auf den deutschen Funkausstellungen vor dem Kriege wurden in jedem Jahr Fernsehempfänger verschiedener Systeme gezeigt. Die Bildqualität wurde damals von keiner anderen Seite übertroffen.

Während des Krieges wurde in Deutschland die Fernsehentwicklung weiter vorangetrieben. Nebenher lief der Fernseh-Programmbetrieb. In Paris wurde während des Krieges aus militärischen Gründen ein Fernseh-Rundfunkbetrieb aufgebaut. Die Räume und Anlagen sind zum großen Teil noch heute dort in Betrieb. In Deutschland hörte jedoch die Fernseharbeit mit dem Kriegsende auf. Alle vorhandenen Anlagen und Geräte verschwanden.

Die Fernsehtechnik ist dadurch gekennzeichnet, daß das optische Bild nicht mit einem Schlage in ein elektrisches Bild verwandelt werden kann. Das Bild wird rasterförmig — bei uns mit 625 Zeilen — von links nach rechts und von oben nach unten abgetastet. Bei diesem Vorgang werden die Helligkeitsunterschiede im Verlauf einer Zeile in Spannungsschwankungen umgewandelt. Mit diesen Spannungsschwankungen wird der Sender „moduliert“. Dabei werden noch Impulse beigemischt, die im Empfänger dazu benutzt werden können, die Zeilen im gleichen Takt zu „schreiben“, in dem sie beim Sender „abgetastet“ werden. Entsprechend der Strahlschärfe und der Güte des Abtastvorganges ergibt sich innerhalb der Zeilen der Begriff „Bildpunkt“. Man kann deshalb sagen, daß jede Zeile in Bildpunkte aufgelöst wird.

Der Wiedergabevorgang erfolgt in umgekehrter Reihenfolge. Die amplitudenmodulierte Trägerwelle des Senders übermittelt den Verlauf der Helligkeitsschwankungen entsprechenden Spannungsschwankungen und die Synchronisierimpulse zum Fernsehempfänger. Im wichtigsten Bestandteil des Empfängers, in der Braunschen Röhre, wird die Helligkeit eines Kathodenstrahls gesteuert. Damit werden die Spannungsunterschiede wieder in Helligkeitsunterschiede umgewandelt. Die Synchronisierimpulse, die senderseitig vom Taktgeber aus beigemischt worden sind, werden im Empfänger dazu benutzt, den Zeilenweg des

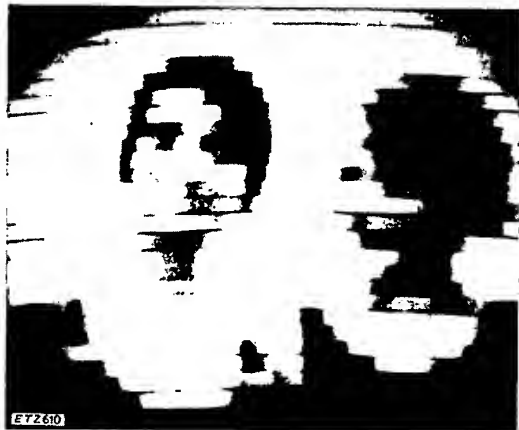


Bild 1. 30 Zeilen-Bild.



Bild 2. 60 Zeilen-Bild.



Bild 3. 120 Zeilen-Bild.

Kathodenstrahl auf dem Schirm der Braunschen Röhre genau im gleichen Takt ablaufen zu lassen wie den Abtastvorgang auf der Sendeseite. Das Bild wird damit zeilenweise aufgebaut. Bei bewegten Bildern ist eine Bildwechsellzahl von 25 vollständigen Bildern je Sekunde erforderlich. Wegen der großen Helligkeit, die von den modernen Braunschen Röhren erreicht wird, würde ein störendes Flimmern auftreten. Dies wird vermieden durch das Schröder'sche Zeilensprungverfahren. Hierbei werden zunächst die ungeraden Zeilen abgetastet oder geschrieben und dann die geraden. Die Abstände zwischen den Zeilen und die Zeilenanfänge müssen dabei mit höchster Genauigkeit eingehalten werden. Es werden damit 50 Teilbilder (je 25 die nur die geraden, 25 die nur die ungeraden Zeilen enthalten) übertragen und damit wird das Bildflimmern bis zu großen Bildhelligkeiten vermieden.

Diese vereinfachte Darstellung des Fernsehvorgangs führt dazu, daß sich sofort die Frage ergibt, in wieviel Zeilen ein Bild ausgelöst werden muß, um genügend viele Bildfeinheiten übermitteln zu können. Die ersten Fernsehversuche wurden mit einer 30 Zeilen-Auflösung (Bilder 1 ... 3) durchgeführt; die Olympiade 1936 wurde mit dem 180 Zeilen-System übertragen, noch ohne Zeilensprung. 1938 wurde das damalige deutsche Fernsehen auf 441 Zeilen mit Zeilensprung umgestellt. Gleichzeitig begann das englische Fernsehen mit 405 Zeilen.

Der technische Aufwand der Fernsehübertragungsanlage wächst, wie jedem Ingenieur leicht verständlich ist, mit zunehmender Zeilenzahl. Es ist deshalb eine ganz besonders verantwortungsvolle Entscheidung, die Zeilenzahl festzulegen. Einerseits müssen genügend gute Bilder geliefert werden, andererseits darf kein zu hoher und damit unwirtschaftlicher Aufwand ausgelöst werden. Glücklicherweise kommt dieser Entscheidung zu Hilfe, daß das Auge den Fernsehschauer nicht beliebig feine Einzelheiten unterscheiden lassen kann. Untersuchungen über das „Auflösungsvermögen“ der Augen haben ergeben, daß bei einer Betrachtung eines Bildes aus der zwölffachen Entfernung der Bildgröße 400 Zeilen, bei Betrachtung aus der sechsfachen Entfernung der Bildgröße 600 Zeilen, bei Betrachtung aus der vierfachen



Bild 4. 625 Zeilen-Bild.

Entfernung der Bildgröße 800 Zeilen, bei Betrachtung aus der zweieinhalbfachen Entfernung der Bildgröße 1000 Zeilen ausreichen, um eine ebenso große Auflösung zu ergeben, wie es das Auge vermag. Die Art der Betrachtung von Fernsehbildern ergibt, daß ein so großer Abstand, wie es ein 400 Zeilen-Bild erforderlich macht, als unerwünscht angesehen werden muß. Trotzdem hat man in England der Versuchung nicht widerstehen können, die von vor dem Kriege her vorhandenen 400 Zeilen-Fernsehgeräte wieder in Betrieb zu nehmen. Die dann nach dem Kriege eingetretene starke Ausbreitung des Fernsehens hat dann die Wahl einer anderen Zeilenzahl nicht mehr möglich gemacht. In den USA, wo vor dem Kriege ebenfalls ein 400 Zeilen-Fernsehen bestanden hat, hat man die Kosten der Umstellung nach Kriegsende nicht gescheut und ist dort zu einem 525 Zeilen-Bild mit 30 Bildern pro Sekunde (bedingt durch die in den USA übliche Starkstromnetz-Frequenz von 60 Hz — 525 Zeilen mit 30 Bildern entsprechen 625 Zeilen mit 25 Bildern) übergegangen. In den mitteleuropäischen Ländern, die keine Vorbelastung durch vorhandene Geräte hatten, war man in der Wahl der Zeilennorm frei. Die Länder Italien, Holland, Belgien, Schweiz, Dänemark, Schweden, Finnland und Deutschland haben sich für die 625 Zeilen-Norm entschieden (Bild 4), die durch die Anpassung an die in Europa übliche 50 Hz-Netzfrequenz entsteht. Auch Rußland und sämtliche Satellitenstaaten haben sich für diese Norm entschieden. Lediglich in Frankreich hält man die Möglichkeit, die Fernsehbilder aus noch kleinerer Entfernung betrachten zu können für so wichtig, daß man sich trotz des hohen technischen Aufwandes für die 819 Zeilen-Norm entschlossen hat. Das französische Fernsehen hat sich aber trotz aller Bemühungen nicht in demselben Maße wie das Fernsehen in den USA und in England beim Publikum durchsetzen können. — Die international inzwischen empfohlene 625 Zeilen-Norm deckt sich in den wichtigsten technischen Einzelheiten mit den bereits im Jahre 1948 vom Nordwestdeutschen Rundfunk für das deutsche Versuchsfernsehen festgelegten Daten.

Die Zeilenzahl beeinflusst unmittelbar die Schnelligkeit, mit der die wechselnde Helligkeit der einzelnen Bildpunkte elektrisch übertragen werden muß. Größere Zeilenzahl erfordert deshalb größere Bandbreite des Übertragungskanals. 400 Zeilen erfordern eine Bandbreite von 2,5 MHz, 525 Zeilen mit 30 Bildern und 625 Zeilen mit 25 Bildern erfordern 5 MHz, 819 Zeilen erfordern 10,5 MHz. Während Übertragungswege von 5 MHz Bandbreite sowohl in der Form von Kabeln, als in der Form von cm-Wellen, als auch für die Verbreitung zum Publikum auf UKW ohne Schwierigkeit möglich sind, bedeuten größere Bandbreiten eine Reihe von Schwierigkeiten:

- a) die Leistung der Senderröhren für die UKW-Sender vermindert sich erheblich,
- b) die Verstärkung pro Röhre im Empfänger vermindert sich erheblich, so daß für gleiche Empfindlichkeit mehr Röhren aufgewendet werden müssen,
- c) die Helligkeit und die Bildkontraste auf der Kathodenstrahlröhre verschlechtern sich ebenfalls,
- d) die Kosten der Empfänger verteuern sich zunehmend,
- e) die Empfänger werden von elektrischen Störungen stärker beeinflusst,
- f) die Versorgung größerer Gebiete ist mit den verfügbaren Wellenbereichen nicht möglich.

Die Länder, die die 625 Zeilen-Norm angenommen haben, können also darauf hinweisen, daß nicht nur optische, sondern auch eine Reihe von elektrischen Gründen diese Wahl rechtfertigen.

Nach internationalen Vereinbarungen stehen zunächst zwei Wellenbereiche im UKW-Bereich für das Fernsehen zur Verfügung,

- A) der Bereich 41 ... 68 MHz
- B) der Bereich 174 ... 216 MHz.

Da der Bereich A bereits durch bestehende Fernsehsender belegt ist, hat sich der Nordwestdeutsche Rundfunk dazu entschlossen, den Fernsehversuchsbetrieb und auch das zukünftige

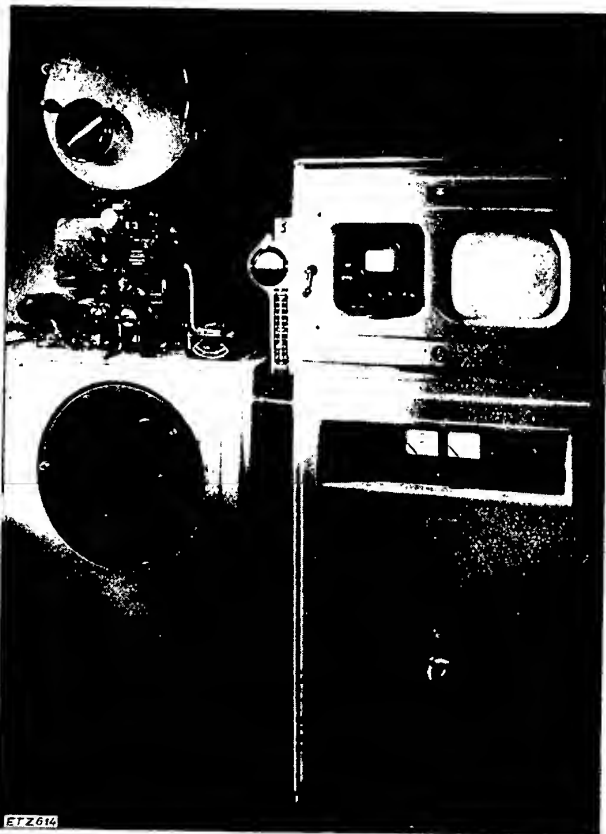


Bild 5. Filmkamera. Links die Einrichtung der Kathodenstrahlröhre, die das Bildraster erzeugt, in der Mitte das Laufwerk des Films mit der zugehörigen Optik, rechts die Photozelle zur Umwandlung der Lichtintensitäten in elektrische Vorgänge und der Bild- und Tonverstärkerschrank.

tige Publikumsfernsehen in dem Bereich B durchzuführen. Nachdem es durch neuere Röhrenentwicklungen gelungen ist, auch in diesem Wellenbereich hohe Sendeleistungen darzustellen, besteht sogar der Vorteil, daß diese Wellen weniger stör anfällig sind und auf der Sendeseite höhere Antennenbündelungen, auf der Empfangsseite billigere Empfangsantennen ermöglichen.

Der beim Nordwest-deutschen Rundfunk bereits eingerichtete Fernsehversuchsbetrieb in Hamburg ist bis jetzt ausgerüstet mit zwei Geräten zur Sendung von Filmen (Bild 5), einem Gerät zur Sendung von Diapositiven und drei Kameras zur Aufnahme und Übertragung von irgendwelchen Darbietungen (Bild 6). Diese Fernsehgeräte modulieren einen 0,1 kW-Bild- und einen 0,06 kW-Tonsender, die zunächst noch auf Wellen in der Nähe von 100 MHz arbeiten; in Kürze werden sie jedoch auf das endgültige Fernsehband bei 200 MHz umgestellt.

Bereits in Auftrag gegeben sind weitere Fernsehgeräte, deren Lieferung in Kürze erwartet wird. Hierzu gehören weitere Filmübertragungsgeräte, eine Anlage für Epidiaskopbilder, ein Fernsehübertragungswagen für Außenauf-

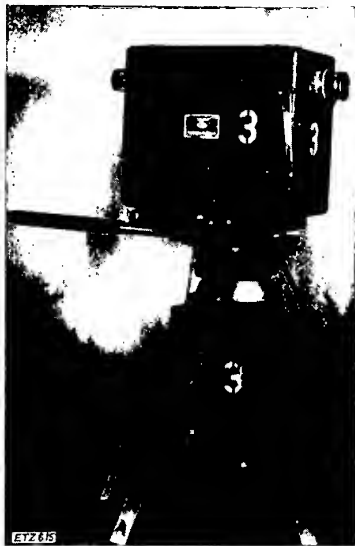


Bild 6. Studiokamera.

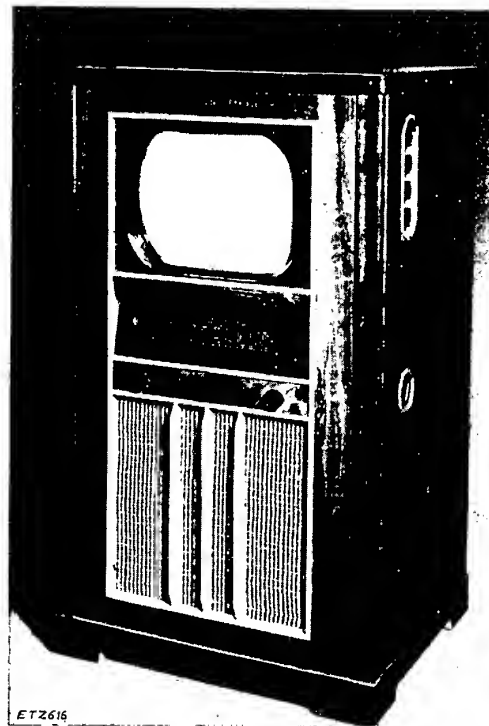


Bild 7. Fernsehempfänger.

nahmen und eine Programmregistrieranlage, mit der Fernsehprogramme auf Filme aufgezeichnet werden können, ebenso wie die Sendungen des üblichen Rundfunks über das bekannte Magnetophonverfahren festgehalten werden.

Die Deutsche Bundespost hat es ebenso wie beim Rundfunk übernommen, die Übertragungswege für die Übermittlung der Programme von einem Sender zum anderen, von einem Studio zum anderen, zu schaffen. Hierfür werden Dezimeterstrecken aufgebaut, zunächst zur Verbindung Hamburg — Hannover — Köln — Frankfurt; später soll diese Strecke verlängert werden nach Baden-Baden und München einerseits und Berlin andererseits.

Die Rundfunkindustrie bereitet das zukünftige Publikumsfernsehen ebenfalls vor. Während die bisherigen, nur in ganz kleiner Stückzahl gebauten Versuchsempfänger noch verhältnismäßig teuer sind, kann erwartet werden, daß Empfangsgeräte bei größerer Auflage zu einem Preis in der Größenordnung von 1000 DM verkauft werden können (Bild 7).

Nachdem die errichtete Fernsehversuchsanlage gezeigt hat, daß der technische Stand in Deutschland sehr schnell zu einer Beherrschung aller Teilprobleme geführt hat, sind jetzt die Arbeiten auf der Programmseite im Gange, die der Erprobung geeigneter Programme, der Schulung von Regisseuren und Schauspielern und der Ermittlung der Programmkosten dienen sollen.

Die Erweiterung des derzeitigen Versuchsfernsehens zum endgültigen Publikumsfernsehen ist eine Frage mit so erheblichen politischen, wirtschaftlichen und technischen Auswirkungen, daß sie von den beteiligten Stellen mit größter Sorgfalt geprüft werden muß. Es ist zu hoffen, daß die Entscheidung in dem Sinne zustande kommt, daß Deutschland bald auch über ein vollwertiges Publikumsfernsehen verfügen kann.

Zusammenfassung

Das für den Aufbau des Publikumsfernsehens in Deutschland verwendete 625 Zeilensystem ist aus wohl abgewogenen optischen und elektrischen Gründen gewählt worden. Die Einzelprobleme werden gut beherrscht. Damit steht dem Fernsehen bei seinem Start ein sehr viel vollkommenerer Stand der Technik zur Verfügung als seinerzeit vor 27 Jahren dem Rundfunk.



F&G

ERZEUGNISSE



FELTEN & GUILLEAUME CARLSWERK AG
KÖLN - MÜLHEIM



Starkstromkabel

für alle Betriebsspannungen
und Verwendungszwecke als

Innenkabel, Erdkabel, Luftkabel, Bergwerkskabel, Flufkabel, Seekabel und in Sonderausführungen (z. B. Dehnungskabel, Trockenkabel).

Für Nieder- und Hochspannungen

Papier-Blei-Kabel mit sektorförmigen oder runden Leiterquerschnitten als Gürtelkabel, Kabel mit Strahlungsschutz (H-Kabel), Dreimantelkabel. Für 1 kV: Gummi-Blei-Kabel, Heizkabel, Treibbootkabel.

Für Hoch- und Höchstspannungen

Druckkabel, Ölkabel.

Fernmeldekabel

für alle technischen Anforderungen
und Verwendungszwecke als

Innenkabel, Erdkabel, Röhrenkabel, Bergwerkskabel, Flufkabel, Seekabel, Luftkabel und in Sonderausführungen mit Isolierungen aus trockenem oder getränktem Papier, Baumwolle, Seide, Gummi und Kunststoffen. Schalt- und Installationskabel, Signal- und Meßkabel, Fernsprechkabel für Ortsverkehr, Pupin- und Krarupkabel, symmetrische und konzentrische Trägerfrequenzkabel.

Hochfrequenzkabel

als Innen- und Außenkabel, Schaltkabel, Empfangskabel, Sendekabel.

Isolierte Drähte und Leitungen

für alle Verwendungszwecke der Starkstrom- und Fernmeldetechnik und in allen Ausführungsarten

mit Isolierungen aus Papier, Baumwolle, Seide, Gummi, Kunststoffen, Asbest und Glasseide, Schalt-Drähte und -Litzen, Installationsleitungen, blanke und umhüllte Rohrdrähte, Gummischlauchleitungen, Panzeradern, Stegleitungen, Mantelleitungen, Bleimantelleitungen, Leuchtröhrenleitungen, Schweißleitungen, Steuerleitungen, Leitungstrossen, Bagger-Schlepp-Kabel für hohe mechanische Beanspruchung, wetterfeste Leitungen, umhüllte Leitungen.

Dynamo-Drähte und -Litzen

hitzebeständige Drähte, wasserfeste Drähte für Unterwassermotoren.

Blankes Leitmaterial

aus Kupfer, Bronze, Aluminium, Aldrey,
Stahl-Aluminium und Stahl-Kupfer (KPS)

Drähte:

Runddrähte von 0,03 mm an, Flach- und Profildrähte,
Fahrdrähte (rund und profiliert), Stahl-Kupferdrähte.

Bänder

Seile und Litzen für Freileitungen,

Blitzableiter, Kohlebürstenhalter,

Antennen usw.,

Hohlseile, Seile aus Stahl-Kupferdrähten (KPS),

Stahl-Aluminium-Seile, Preflitzen, Geflechte.

Profile, Schienenverbinder.

Metall-Halbzeuge

für die allgemeine Technik

Aluminium und Aluminium-Legierungen:

Profile, Rohre, Stangen, Drähte, Gesenk-Prefteile, Bänder.
Spinn-, Zwirn- und Schutz-Hülsen für die Textil-Industrie,
Kondensatorenbecher und sonstige Kaltspritzteile.

Kupfer und Messing:

Kupferrohre in allen handelsüblichen Ausführungen.

Messing-Gesenkprefteile.

Kabelgarnituren und Zubehör

für alle Arten von Starkstrom- und Fernmeldekabeln

Verbindungsmuffen, Abzweigmuffen, Hausanschlußmuffen,
Kreuzmuffen, Endmuffen, Abschlußmuffen, Isoliermuffen,
Endverschlüsse, Hausanschlußkasten, Sicherungskasten,
Kabelverteilerkasten (unterirdisch), Garnituren für Höchst-
spannungskabel, Kondensatoren-muffen für Fernmelde-
kabel, Garnituren für selbsttragende Luftkabel, Kupplungen
und Endverschlüsse für Hochfrequenzkabel, Klemmen,
Kabelschuhe, Montagematerial und Vergußmassen.

Freileitungs-Zubehör

für Kupfer-, Aluminium- und Stahl-Aluminium-
Freileitungen

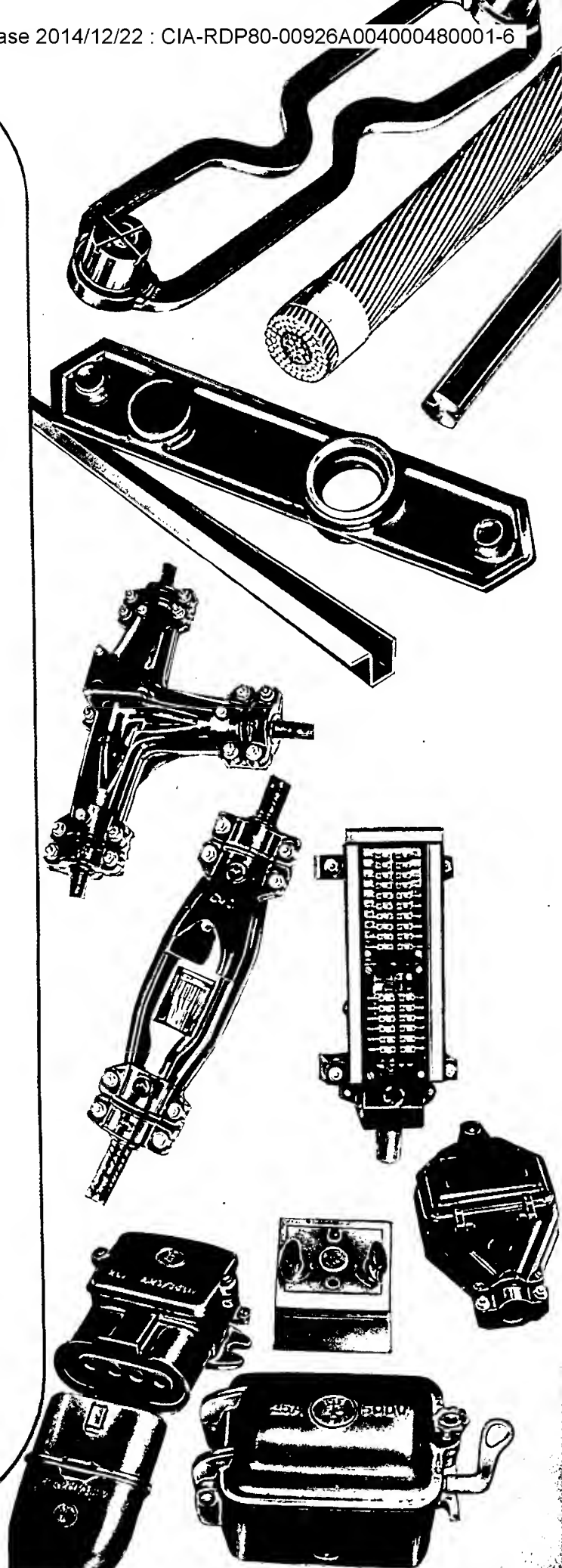
Kerbverbinder, Niet- und Schraubverbinder, Abzweig-
klemmen, Endbundklemmen, Anschlußklemmen.

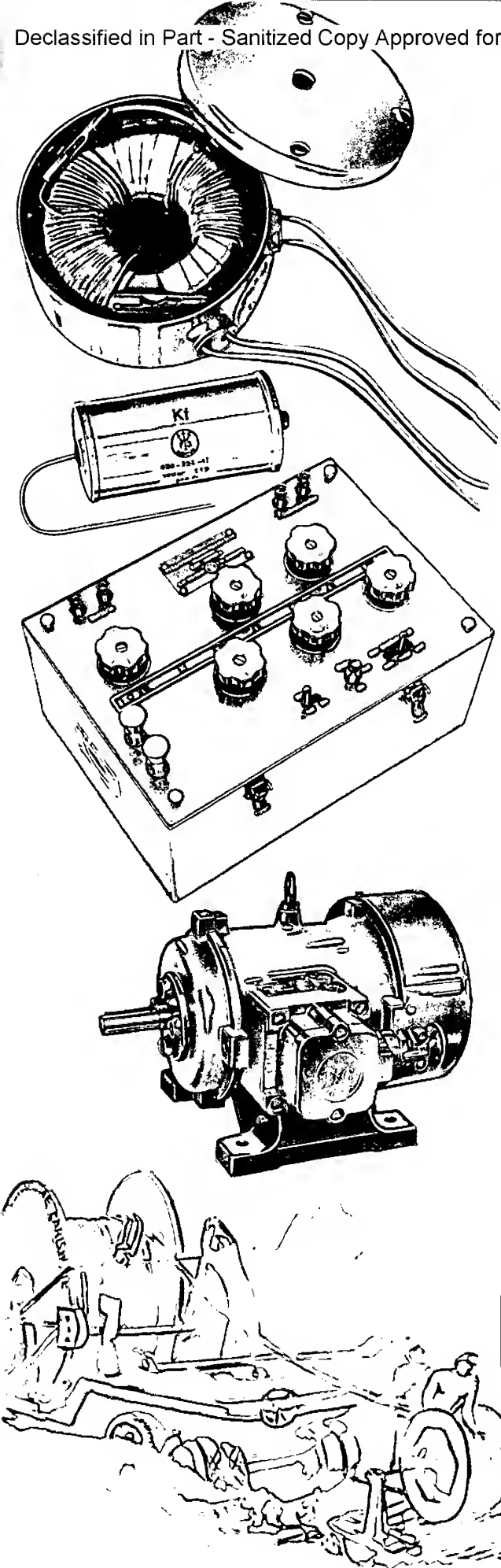
Niederspannungsschalt- und Verteilungsanlagen

in blech- oder gußgekapserter Ausführung

Oberirdische Verteileranlagen für Starkstrom-Kabelnetze,
Einschleifkasten, Licht- und Kraftverteiler, Sicherungskasten,
Hebelschalter, Walzenschalter, Freiluft-Mast-Trennschalter,
Trennschutzschalter (Heinisch-Riedl), Normen-Steckvorrich-
tungen.

Schienenstromschließer, elektr. Weichenbeheizung.





Kondensatoren, Spulen und Übertrager

für alle Zwecke der Fernsprech- und Rundfunktechnik sowie des Gerätebaues

Wickelkondensatoren mit Papier- oder Styroflex-Dielektrikum in Hartpapierrohren oder Metallbechern, Kondensatoren für Leuchtstofflampen, Drosselspulen für Leuchtstofflampen, Filterspulen, Fernleitungsübertrager, Schutzübertrager, Eisenpulver-Kerne in Ringform und in anderen Formen für Spulen der Nieder- und Hochfrequenztechnik, Netztransformatoren, Kabelergänzungen, Anpassungsschaltungen.

Pupinspulen für Fernsprechkabel

Elektrische Meßgeräte

für technische und wissenschaftliche Zwecke

Normalwiderstände, feste und veränderliche Präzisions-Widerstände, feste und veränderliche Präzis.-Kondensatoren, Normal-Selbstinduktionen, Gleichstrom-Meßbrücken, Isolations- und Kapazitäts-Meßschaltungen, Kompensatoren, Wechselstrom-Meßbrücken, Eichleitungen, Kopplungsmesser, Frequenz-Meßbrücken, Fehlerorts-Meßgeräte, Galvanometer, Meßverstärker, Hochspannungsanzeiger und Phasenprüfer, Prüfgeräte für Strom- und Spannungs-Wandler.

Motoren

in Spezialausführungen

Drehstrom-Motoren, Kommutator-Motoren mit stufen- und verlustloser Drehzahlregulierung, Gleichstrom-Motoren und Gleichstrom-Generatoren,

druckfestgekapselte, schlagwetter- und explosionsgeschützte Ausführungen.

Erstellung ganzer Kabelnetze

für Starkstrom- und Fernmeldeanlagen.

Die ersten Regungen des elektrischen Verkehrs (1881)

Von Fr. Heintzenberg, Berlin

DK 621.33 (09)

In der „Gartenlaube“ vom Jahre 1881 findet sich ein Aufsatz, der mit folgenden, ein wenig an Märchenpoesie erinnernden Sätzen beginnt: „Wenn uns jetzt das Dampfproß der Anhaltischen Eisenbahn der Deutschen Reichshauptstadt zuführt, so bemerken wir unweit derselben auf der Station Groß Lichterfelde, dort, wo uns aus der Ferne der stolze Prachtbau der Deutschen Zentral-Kadetten-Anstalt entgegenwinkt, einen Schienenweg, auf dem in gar wundersamer Weise, wie von einer unsichtbaren Macht getrieben, ein schmucker Tramwaywagen in raschem Fluge dahin rollt. Vergeblich sucht unser Auge die treibende Kraft an diesem Gefährt zu entdecken, das Geheimnis seiner Bewegung zu enträtseln; man vermag, soweit man auch späht, nichts mehr als einen gewöhnlichen Bahnkörper und den darauf sich anscheinend von selbst bewegendenden Wagen wahrzunehmen... Wendet man sich dann, um dieses Rätsels Lösung zu erfahren, an ein Bäuerlein, das eben im Begriff ist, an der wundersamen Fahrt teilzunehmen, so wird es wohl mit der gleichgültigsten Miene von der Welt, als ob es mit den hier wirkenden Kräften vollkommen vertraut wäre, die kurze Antwort geben: „Dies ist ja die neue elektrische Eisenbahn“.

Es war nicht die erste elektrische Bahn der Welt; die hatte Werner Siemens schon zwei Jahre vorher auf der Berliner Gewerbe-Ausstellung gezeigt. Aber was da vor 70 Jahren zwischen dem Bahnhof Lichterfelde und der Kadettenanstalt hin und her rollte, war die von Siemens & Halske gebaute erste öffentliche elektrische Straßenbahn der Welt.

Nachdem ein von Werner Siemens ausgearbeitetes Projekt einer elektrischen Hochbahn durch die Friedrichstraße an dem Einspruch der Anwohner gescheitert war, wollte die Firma durch ein praktisches Beispiel den Nachweis erbringen, daß der Fahrbetrieb von Wagen durch elektrische Kraftübertragung möglich, und daß die Anlage von elektrischen Hochbahnen durchführbar sei. Werner Siemens selbst urteilte damals: „Es kann die Lichterfelder Bahn keineswegs als Muster einer elektrischen Bahn zu ebener Erde betrachtet werden; sie ist vielmehr als eine von ihren Säulen und Längsträgern herabgenommene und auf den Erdboden verlegte Hochbahn zu betrachten.“ Gleichzeitig wollte Werner Siemens mit dem Bau dieser Bahn das Prioritätsrecht für Deutschland sichern.

Die Bahnstrecke war 2,5 km lang, die Spurweite betrug 1 m und die Fahrtdauer 5 Minuten. Der 20 Personen fassende Wagen sah aus, „wie ein Einspannerwagen der Tramways“. Das Ganze war ein Unternehmen auf eigene Kosten und ohne Aussicht auf Gewinn.

Als Albert von Maybach, der Minister der öffentlichen Arbeiten, der bis dahin dem elektrischen Bahnbetrieb gegenüber eine überlegene Skepsis gezeigt hatte, nach Lichterfelde kam, war er höchst erstaunt, statt der erwarteten kleinen Lokomotive mit ein paar kleinen Wägelchen einen ausgewachsenen Straßenbahnwagen zu finden, und seine Überraschung wuchs noch mehr, als er sah, wie dieser Wagen sich auf Befehl sofort mit 30 km Geschwindigkeit in Bewegung setzte und diese Geschwindigkeit auch bei der Steigung der Strecke von 1 : 100 nur kaum merklich verringerte. Er erklärte am Schluß der Besichtigungen, daß er nun an den Ernst und die große Zukunft des elektrischen Verkehrs glaube.

Das Publikum zeigte sich verblüfft über die Sicherheit und Schnelligkeit, mit der der vollgestopfte Wagen auf der Strecke hin und her flog. Der Andrang war so groß, daß wider Erwarten der Betrieb der Bahn zu einem positiven finanziellen Ergebnis führte. Es gab Tageseinnahmen von bis zu 100 Mark.

Weniger erfreulich war eine andere Einstellung des Publikums; namentlich die männliche Jugend benutzte die Bahnlinie zur Betätigung ihres Experimentiereifers. Die

Jungen legten nämlich einen Eisendraht über die beiden stromführenden Schienen und freuten sich dann an dem Glühendwerden und Schmelzen des Drahtes. Ein in der Nähe der Strecke gelegener Drahtzaun aus 3 mm starkem Eisendraht wurde zu diesem Zweck fast vollständig demontiert. Der den Bahnstrom liefernden Dynamomaschine waren diese Kurzschlüsse natürlich weniger sympathisch. Schließlich mußte die Polizei eingreifen.

Charakteristisch für den damaligen Stand der Technik sind die für den elektrischen Bahnbetrieb ins Feld geführten Vorzüge: Die primäre Antriebskraftmaschine (Dampf-, Luft- oder Gasmaschine) befand sich nicht auf dem Wagen und brauche nicht als tote Last mitgeschleppt zu werden. Der Wagen und auch der Unterbau könnten daher leichter ausgeführt werden. Der Elektromotor hätte nur ein geringes Gewicht und führte keinerlei Gefahr oder Unbequemlichkeit herbei. Kesselheizung und Dampfverwertung seien bei stationären Dampfmaschinen vorteilhafter. Viel vorteilhafter noch würde die Benutzung einer Wasserkraft sein, die durchaus nicht in der Nähe der Bahn zu liegen brauche. Es könnten ohne weiteres zwei oder mehrere Wagen zu Zügen kombiniert oder einzeln in Zeitabständen hintereinander fahren.

Die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit betrug 15 km; nach polizeilicher Vorschrift durfte eine Höchstgeschwindigkeit von 20 km nicht überschritten werden. Auf grader und ebener Strecke hätte der Wagen ohne jede Schwierigkeit eine Geschwindigkeit von 40 km erreichen können. Im Mai 1881 schrieb Werner Siemens an Professor Wiedemann in Leipzig: „Die einzige Schwierigkeit war und ist noch die Geschwindigkeit der Wagen dem Reglement entsprechend zu mäßigen. Man wollte nur 20 km per Stunde gestatten und der Wagen lief bei voller Belastung von 20 Personen auch bergan noch mit 30—40 km! Ich denke aber, man wird sich an die größere Geschwindigkeit gewöhnen!“

Die für diesen Versuch aufgewendeten Kosten betrugen: für Anlage der Strecke 65 000 Mark, für den Wagen 10 500 Mark, für den Stromerzeuger 4 500 Mark. Die Betriebskosten stellten sich auf 0,44 Mark je Wagenkilometer, sie wurden durch die Einnahmen gedeckt.

Die Probefahrt fand am 12. Mai 1881 statt. Werner Siemens dämpfte übertriebenen Optimismus mit dem folgenden abschließenden Urteil: „Es handelt sich um ein neugeborenes Kind, welches zwar ein derber Knabe ist, der aber selbstverständlich noch der Erziehung und Ausbildung bedarf.“ Am 15. Mai 1881 wurde die Bahn dem öffentlichen Verkehr übergeben.

Der Betriebsstrom wurde von einer Dynamomaschine erzeugt, die im Maschinenhaus des benachbarten Wasserwerkes stand und von einer Kolbendampfmaschine durch Riemen angetrieben wurde. Diese Maschine erzeugte nach einem zeitgenössischen Bericht in der Zeitschrift „Daheim“ den Strom zum Betriebe der Bahn „durch Reibung“. Es war eine Hauptstrommaschine von 12 ... 15 PS, bei einer Drehzahl von 750 ... 800 U/min. Sie wurde bei jedesmaliger Abfahrt des Wagens in Betrieb gesetzt. Es erwies sich als notwendig, eine besondere Signalanlage zu errichten, mit deren Hilfe der Wagenführer den Maschinenwärter benachrichtigen konnte, wenn er die Absicht hatte, abzufahren. Es gab ja noch keine Kraftnetze im heutigen Sinne. Später wurde die Kolbendampfmaschine durch eine von Siemens & Halske selbst hergestellte rotierende Dampfmaschine, System Dolgorouki, ersetzt.

Der Strom gelangte durch ein Bleikabel in die Schienen, von denen die eine der Hin-, die andere der Rückleitung diente. Die Radkränze waren auf Holzscheiben montiert und dadurch von der Achse isoliert, sie standen aber in leitender Verbindung mit ebenfalls isoliert auf der Achse angebrachten Schleifringen. Auf diesen lagen Schleiffedern, die den Strom dem Motor zuführten.

Die Gleisanlage bestand aus Stahlschienen, die wie bei jeder Sekundärbahn auf Holzschwellen verlegt waren. Man hatte von vornherein von der Verwendung besonderer Isolationsmittel Abstand genommen. Natürlich gab es beträchtliche Stromverluste, die aber durch Rechnung und Versuche bekannt waren. Werner Siemens hatte mit seinem Bruder Friedrich, der Glashüttenbesitzer in Dresden war, über die Verwendung von Hartglasstühlen anstelle der Holzschwellen verhandelt, doch stellte sich heraus, daß diese nicht imstande waren, die mechanische Beanspruchung beim Verkeilen der Schienen sicher genug auszuhalten.

Die Schienenstöße waren mechanisch durch Winkelaschen verbunden; der sicheren Stromleitung dienten unter dem Schienenfuß angenietete, elastische Metallstreifen.

Die Stromzuführung durch beide Schienen hatte einen Ubelstand zur Folge, von dem Werner Siemens berichtete, er bestünde darin, „daß die Pferde vier Beine haben und daher beim Passieren der Gleise oft gleichzeitig auf beide Schienen treten. Sie erhalten dann eine elektrische Erschütterung, die sie verdrießlich macht.“

Diese Verdrießlichkeit nahm oft stürmische Formen an. Wir lesen darüber in den Beschwerdebriefen, daß die Pferde „in die Knie stürzten“, „wie vom Blitz getroffen zur Erde geworfen wurden“, „im tollsten Galopp davon jagten“, oder überhaupt nicht mehr dazu zu bewegen waren, die Gleise zu überqueren, so daß die Fuhrhalter große Umwege machen mußten. Siemens & Halske antworteten auf die übrigen recht maßvoll gehaltenen Beschwerden: „Daß überhaupt unter besonders ungünstigen Umständen Ähnliches sich ereignen könne, lag nicht außerhalb unserer Voraussicht; der Grad der Wirkung des elektrischen Stromes auf Pferde ist allerdings eine überraschende Tatsache für uns.“ Später wurden an Wegübergängen die Schienen durch Hartgummiplatten isoliert und die elektrische Verbindung der so unterbrochenen Strecke durch unterirdische Bleikabel wieder hergestellt.

Der Wagen war einer der damals üblichen Pferdebahnen. Er wog mit 26 Personen belastet 4800 kg, der Rad-Durchmesser betrug 0,75 m, der Radstand 1,8 m.

In einem Vortrag vor der Polytechnischen Gesellschaft stellte Viemeyer fest, diese Bahn sei „der erste praktische Fall, in dem von einer Zentralstelle aus nutzbare Kraft meilenweit fortgeleitet werde“. Man war sich über das Wesen der elektrischen Kraftübertragung einigermaßen im klaren, wie aus dem folgenden Zitat hervorgeht: „Wenn der elektrische Waggon mit angemessener Geschwindigkeit auf den Schienen durch Pferde oder Dampfkraft fortbewegt würde, so würde die elektrische Maschine durch den von der elektrischen Waggonmaschine erzeugten Strom in Drehung versetzt werden und Arbeit leisten können.“

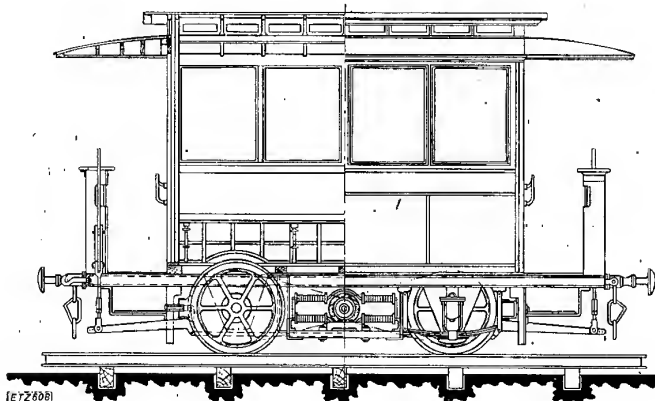


Bild 1. Der Wagen.

Der Motor war zwischen den Rädern unterhalb des Fußbodens eingebaut und äußerlich kaum bemerkbar. Wenn von ihm behauptet wird, daß er geräuschlos arbeitete, so ist das wohl eine leichte Übertreibung. Er wog 500 kg und leistete normal 5,5 PS.

Der mechanischen Kraftübertragung vom Motor auf die Räder dienten nicht Zahnräder oder Riemen, sondern stählerne Spiralschnüre. Von der Antriebscheibe des Motors gingen 13 dieser Schnüre von 5 mm Durchmesser nach beiden Seiten zu den Scheiben auf den Radachsen. Sie ruhten in 13 nebeneinanderliegenden prismatischen Nuten (Bild 1).

Die Scheibe auf der Motorwelle hatte 180, die Scheiben auf den Radachsen hatten 650 mm Durchmesser. Die Stahlschrauben wurden merkwürdigerweise aus Ungarn bezogen. Werner Siemens hielt große Stücke auf diese Antriebsart: „Es wird dadurch eine elastische Übertragung der Kraft, die bei jeder Geschwindigkeit sicher funktioniert, erzeugt, und die Achse der elektrischen Maschine ist ohne Druck auf die Lager. Sie (nämlich die Stahlschrauben) werden mit der Zeit die Riemen ganz verdrängen.“ 1889 wurden sie, wenigstens bei dem einen der beiden damals fahrenden Wagen durch eine Gliederkette ersetzt.

Der Wagenführer steuerte den Wagen durch Drehen einer Kurbel, die eine Vorrichtung ähnlich unseren heutigen Steuerwalzen betätigte. Oberingenieur Frischen berichtete darüber: „Ein plötzliches Ein- und Ausschalten des ganzen Stromes muß als schädlich vermieden werden, deshalb sind eine Anzahl Federn vorhanden, die auf einem drehbaren Metallzylinder schleifen können: Der Zylinder ist stufenartig ausgeschnitten, so daß nur Stufe für Stufe eine Feder nach der anderen mit dem Zylinder in Berührung kommt, wenn der Zylinder durch die Verstellung der Kurbel entsprechend gedreht wird.“ Die Federn standen mit verschiedenen großen Widerständen in Verbindung, die in Wasserbehältern hingen und die in ihnen entstehende Wärme an das Wasser abgaben, das dadurch bis zum Kochen erhitzt wurde. Historisch beachtenswert sind die folgenden Sätze aus einer damaligen Veröffentlichung von Siemens & Halske: „Es ist damit also eine elektrische Überführung der Wärme aus dem Feuer unter dem Dampfkessel des Maschinenhauses weit weg in die Wasserbehälter geschehen. Es ist nicht undenkbar, daß man einmal von solchem direkten elektrischen Wärmetransport eine praktische Anwendung wird machen lernen; hier kann man ihn zum Heizen des Wagens benutzen.“

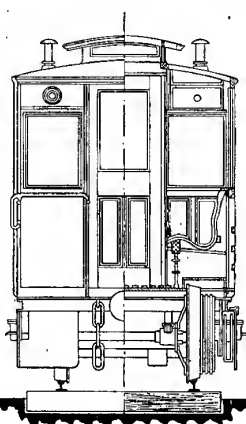
Wollte man mit der kleinen elektrischen Lokomotive von der Berliner Gewerbeausstellung (1879) vorwärts und rückwärts fahren, so mußte der Lokomotivführer bei jedemmaligem Richtungswechsel absteigen und durch Ziehen an einer Stange ein Kegelradgetriebe verstellen. In Lichterfelde wurde zum ersten Mal die Umsteuerung elektrisch durch Umschalten des Motors unter Anwendung eines zweiten Bürstenpaares erzielt.

Nach Beendigung der Pariser Elektrizitäts-Ausstellung

von 1881 kam der dort von Siemens & Halske gezeigte elektrische Straßenbahnwagen nach Berlin zurück, und nun konnte versucht werden, ob man auch mit zwei Wagen gleichzeitig die Strecke befahren könnte. Am 5. Januar 1882 glückte der Versuch, und man glaubte nun gelernt zu haben, daß ein Betrieb, bei welchem die Nutzlast weniger zu großen Zügen zusammengestellt, als vielmehr in Form vieler einzeln laufender elektrischer Wagen bewegt werde, dem Wesen der

elektrischen Beförderung am besten entspräche.

Nach und nach brach sich die Überzeugung Bahn, daß die Stromführung in beiden Schienen auf die Dauer doch nicht das Richtige wäre, und daß der eine oder auch beide Pole in eine Oberleitung verlegt werden müßten. Als man



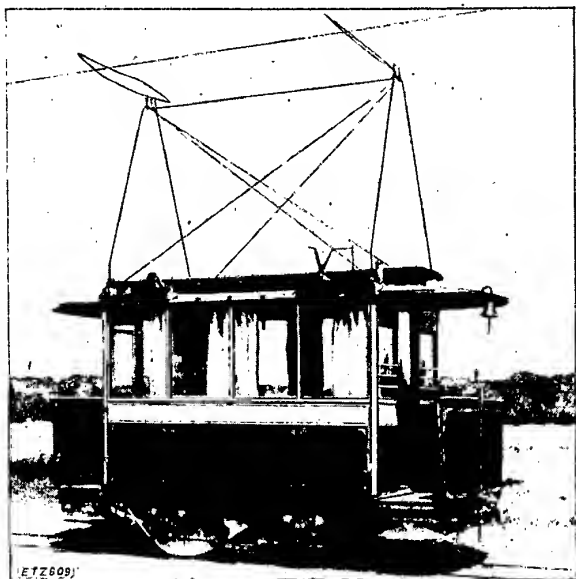


Bild 2. Ansicht des Wagens.

1889 die Bahnstrecke beträchtlich verlängerte, wurde daher eine Oberleitung gelegt. Sie bestand aus einem Leitungsdraht, „welcher über die Mitte des Gleises in geeigneter Weise an zu beiden Seiten des Fahrdammes stehenden Stangen aufgehängt war“. Eine Kontaktvorrichtung auf dem Dach des Wagens nahm den Strom „durch Schleifen von unten an dem Draht aus demselben auf“. Es ist wichtig zu betonen, daß Siemens & Halske also schon damals zur Stromzuführung den Schleifbügel verwendeten (Bild 2).

Bei Werner Siemens stand immer der Gedanke an Hochbahnen im Vordergrund. Am 29. April 1881 schrieb er sei-

nem Bruder William nach Genua: „Die Sache (die Lichtfelder Bahn) wird großes Aufsehen machen. Derselbe Wagen würde auf der Hochbahn direkt verwendbar sein. Ein Zweifel über den Erfolg der letzteren kann nicht mehr obwalten.“ William Siemens dachte bereits im Mai 1881 an die Elektrifizierung der Londoner U-Bahn, und Werner verhandelte über elektrische Grubenbahnen und über die elektrische Beförderung von Zügen durch den Gotthardtunnel mit Lokomotiven von 200 PS.

Zum Schluß sei erwähnt, daß auch der Obus, der (schienenlose) Oberleitungs-Omnibus, schon damals im Arbeitsprogramm von Siemens & Halske eine Rolle spielte. Im Januar 1881 bestellte Werner Siemens bei seinem englischen Bruder 50 eiserne Telegrafenturme: „Es handelt sich um den elektrischen Betrieb von Straßenwagen (auf Chausseen laufend) mit Hilfe von Telegrafenturmen neben der Chaussee... Es wird eine Doppelleitung aus verzinkten Stahldrahtseilen unter starker Anspannung auf eisernen Pfosten montiert, auf denen ein Kontaktwagen läuft, der von dem Fuhrwerk nachgezogen wird... Mit den 50 Pfosten will ich eine Probestrecke auf einem Grundstück hinter meinem Garten in Charlottenburg bauen, um alles gehörig auszuprobieren.“ Ende Januar teilte er seinem Bruder Friedrich mit: „Unser Fabrikhof ist jetzt voll Versuchsleitungen für die Stromführung“, und Oberingenieur Frischen berichtete in der Polytechnischen Gesellschaft: „Ich bin heute zum ersten Mal mit dieser Einrichtung gefahren und bin eben erst aus dem ersten elektrischen Wagen ausgestiegen. Wir sind heute mit solcher Einrichtung auf unserem Fabrikhof herumgefahren, und es hat sich dabei nichts gezeigt, was Bedenken erregen könnte, die Sache ohne weiteres auf jeder Landstraße zur Durchführung zu bringen.“

Der erste Oberleitungs-Omnibus fuhr 1882 auf einer Landstraße in Halensee, aus der heute der Kurfürstendamm geworden ist.

Über Unfälle durch elektrischen Strom

Von Oskar Schneider, Stuttgart

DK 614.82 : 621.3

Übersicht. Die wichtigsten Probleme der physiologischen Wirkung des elektrischen Stromes und der Wärmewirkung auf den menschlichen Körper werden für den Ingenieur der Praxis besprochen. Maßnahmen der ersten Hilfe nach elektrischen Unfällen werden erwähnt.

Die Unfälle durch elektrischen Strom sind für die Krankenhäuser Seltenheitsfälle im Vergleich zu Knochenbrüchen. Dies erklärt, daß die Meinungen der Ärzte noch nicht einheitlich und die Behandlungsmethoden nicht so ausgeprägt sind wie bei Knochenbrüchen. Trotzdem begegnen die elektrischen Unfälle einem großen allgemeinen Interesse. Dies kommt teilweise von der nicht ganz geklärten Wirkungsweise des elektrischen Stromes, der bei kaum sichtbaren äußeren Veränderungen ein gesundes Menschenleben in Sekundenbruchteilen auslöschen kann. Andererseits ist wohl zu beachten, daß der Prozentsatz der schweren Unfälle bei der Einwirkung von elektrischem Strom sehr viel größer ist als bei den mechanischen Verletzungen. Am meisten davon betroffen sind die Fachleute, weil sie an den elektrischen Anlagen arbeiten müssen, während der Laie bei der Bedienung durch Isolierstoffe und Abdeckungen von den spannungsführenden Teilen geschützt ist. Gewöhnung und Umgang mit der Gefahr ergeben beim Fachmann manchmal eine Unterschätzung oder ein Übersehen der Gefahr, so daß aus vorübergehender Unbedachtsamkeit ein Unfall entstehen kann.

Die zerstörenden Wirkungen durch die Wärmeentwicklung großer Ströme oder durch die hohe Temperatur von Lichtbögen infolge Kurzschluß oder Erdschluß sind eindrucksvoll, sie sind für den Techniker auf Grund der Kenntnisse über die Elektrowärme und die Überhitzung der Gewebe begreiflich und in ihren Zusammenhängen manchmal klarer als dem Mediziner. Beim elektrischen Unfall sind

überhaupt die physikalischen Werte sehr zu beachten, ihre möglichst genaue Ermittlung wird die Klärung der Zusammenhänge sehr erleichtern.

Sehen wir zunächst ab von der reinen Wärmewirkung der Lichtbögen, so gilt der Grundsatz, daß ein Unfall durch elektrischen Strom nur eintreten wird, wenn der menschliche Körper ganz oder teilweise vom elektrischen Strom durchflossen wird. Der Mensch oder ein Teil seines Körpers muß dazu in einem geschlossenen Stromkreis liegen. Die Wirkung des elektrischen Stromes auf die einzelnen Körperteile ist sehr verschieden. Als Übergangsstellen kommen in der Regel Teile der Haut in Frage. Hier beginnt schon die erste Unklarheit und eine Quelle des Mißverständnisses: Die Haut hat den größten Widerstand und sie ist elektrisch sehr uneinheitlich. Widerstand und Kapazität der Haut wurden von Physiologen eingehend erforscht, dabei wurde mit kleinsten Strömen und Spannungen gearbeitet. Die ermittelten Erkenntnisse sind wertvoll für die Erklärung mancher Erscheinungen, sie haben aber für die Starkstromtechnik, aus der die Unfälle durch elektrischen Strom hauptsächlich stammen, keine praktische Bedeutung. Insbesondere durch die Messungen von Freiburger [1] ist festgestellt worden, daß die Haut durch die üblichen Verteilungsspannungen sehr rasch durchbrochen wird. Diesen Durchbruch der Haut erkennen wir an den sogenannten Strommarken, die Zerstörungen der Haut durch Wärmewirkungen sind. Im Gegensatz zu den Verbrennungen an heißen Gegenständen dringt die Stromwärme nicht nur von außen in die Haut ein, sondern entsteht auch in tiefen Schichten, in denen Strom fließt, in der Größenordnung 1^{er} Rt. Bei der Mehrzahl der elektrischen Unfälle haben wir es

mit kleinen Berührungsflächen und kurzfristiger Berührung zu tun, in der Haut als dem größten Widerstand tritt eine konzentrierte Wärmewirkung auf. Diese führt zu blasigen Erscheinungen, Verkochungen und Verkohlungen der Haut. Es ist einleuchtend, daß eine trockene Haut einen größeren Widerstand hat als eine feuchte und daß eine schwelige, harte Haut einen größeren Widerstand hat als eine dünne, feine. Auch individuelle Unterschiede sind vorhanden. Es ist Aufgabe des Ingenieurs, bei jedem Unfall durch elektrischen Strom die physikalischen Größen möglichst genau zu ermitteln. Hierzu gehören vor allem Spannung, Strom, beteiligte Widerstände. Die Verschiedenheit der Wirkung des elektrischen Stromes auf den Menschen bei scheinbar gleichartigen Vorgängen ist in höherem Maße physikalisch bedingt als in vielen Kreisen angenommen wird.

Aus Unfallerfahrung und Tierversuchen ist heute als nachgewiesen zu betrachten, daß der Soforttod bei elektrischen Unfällen ein Herztod ist. Die lange Zeit verbreitete Lehre von der Lähmung des Atemzentrums durch den elektrischen Strom ist überholt und für die Mehrzahl der Todesfälle durch elektrischen Strom nicht zutreffend. Da der elektrische Strom Reizwirkungen auf Nerven und Muskeln ausübt, und Muskeln durch die Stromwirkung längere Zeit krampfartig festgehalten werden können, bestehen theoretisch mancherlei Möglichkeiten für die Stillsetzung der Lebensvorgänge durch elektrischen Strom. Bedeutungsvoll für die Erklärung des Soforttodes durch elektrischen Strom ist die Erkenntnis von seiner Beeinflussung der Herzstätigkeit. Diese Beeinflussung ist wohl von Zeit und Stromstärke abhängig, jedoch haben sich für die praktische Anwendung insbesondere nach den Versuchen von Koeppe [2] folgende Stromstärkestufen für kurz dauernde elektrische Ströme durch den ganzen Körper, bei denen das Herz im Stromweg liegt, herausgebildet. Stromstärken unter 25 mA verursachen keine Rhythmusstörung, Stromstärken von 25 ... 100 mA verursachen Herzstillstand während der Stromeinwirkung, der 25 ... 30 s ohne Schaden ertragen werden kann. Nach mehr als 30 s wird der Tod als Folge des Herzstillstandes eintreten.

Stromstärken über 100 mA bis etwa 2,5 oder 4 A verursachen Herzkammerflimmern. Dieses muß als die häufigste Ursache des Soforttodes nach Stromeinwirkung angesehen werden. Es gilt im allgemeinen als nicht rückbildbar. Gegenmittel, wie Einspritzungen von besonderen Medikamenten in das Herz, wiederholte Elektrisierung besonderer Art, sind erste Versuche, die wohl beachtlich für die Forschung, aber nicht für die allgemeine Anwendung sind. Die oben erwähnten Stromstärkebereiche sind geeignet, manchen Unfallhergang zu erklären. Die Größe der wirkenden Stromstärken wird bei Unfällen nur in seltenen Fällen bekannt, man muß sich im allgemeinen mit Schlußfolgerungen aus den Umständen und Erscheinungen auf die Größenordnung der Stromstärken begnügen. Dabei ist zu beachten, daß längere Einwirkung von gewissen Stromstärken gefährlicher ist als kurze Einwirkung.

Nach einem Unfall durch elektrischen Strom, bei dem der betroffene Mensch mit Atemstillstand, leblos oder scheinbar leblos angetroffen wird, kann weder der sofort anwesende Laie noch der sofort gerufene, etwas später eintreffende praktische Arzt feststellen, ob Herzkammerflimmern vorliegt oder nicht. Die Vorschrift der Berufsgenossenschaft hält daher bei diesen Fällen an den sofort einzuleitenden Wiederbelebungsversuchen mit künstlicher Atmung nach Silvester (mit Armbewegungen) fest. Wiederbelebungsgeräte mit Sauerstoff sind nicht notwendig, sie können später gebracht werden, wenn kein Zeitverlust und keine Unterbrechung der begonnenen Wiederbelebung damit verbunden sind. Näheres enthält der in allen Betrieben vorgeschriebene berufsgenossenschaftliche Aushang über die erste Hilfe. Diese Wiederbelebungsversuche können mit einer rhythmischen Massage des Körpers in der Herzgegend verbunden werden (Herzmassage).

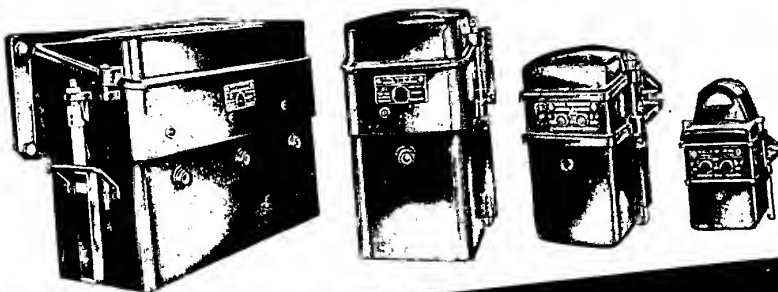
Die neuen, z. T. ausländischen, Vermutungen und vorgeschlagenen Verfahren über die erste Hilfe werden wohl

auch in Deutschland beachtet, doch konnte sich der aus fachkundigen Ärzten und Ingenieuren zusammengesetzte Ausschuß nach mehrmaliger ernster Prüfung nicht entschließen, die verschiedenartigen Vorschläge mit der Anwendung von Spritzen in die Praxis der ersten Hilfe einzuführen. Leider kommt auch der Arzt für die Anwendung dieser Mittel, die zur Zeit noch problematisch sind, in der Regel zu spät. Es muß dem Arzt überlassen bleiben, was er aus ärztlicher Kunst zusätzlich zu den Wiederbelebungsversuchen anwenden kann. Die Wiederbelebungsversuche dürfen nicht vorzeitig abgebrochen oder durch Transport, z. B. ins Krankenhaus, unterbrochen werden.

Kleine Elektrisierungen, die nach dem Unfall Herzstörungen oder ähnliche Erscheinungen verursachen, haben eine sehr gute Heilungstendenz, so daß Spätfolgen in der Regel nicht zu erwarten sind. Elektrisierungen, welche nicht sofort schädliche Folgen hatten, werden diese auch später nicht nach sich ziehen. Man soll sich derartigen Elektrisierungen nicht aussetzen, da man bei den Verteilungsspannungen der Ortsnetze vorher nie weiß, ob eine Elektrisierung harmlos verlaufen wird oder nicht. Man kann den Widerstand des Menschen für den technischen Starkstrom mit rund 1000 Ω annehmen. Wenn außer dem Menschen keine wesentlichen anderen Widerstände im Stromkreis vorhanden sind, so kann man in den Verteilungsnetzen mit 220 V Betriebsspannung mit etwa 200 mA Stromstärke im Körper rechnen. Dieser Strom kann in jedem Fall tödlich wirken.

Sowohl für die Erklärung der Wirkung des elektrischen Stromes auf den Menschen als auch für die Auswahl der richtigen Methode zur Wiederbelebung sind unsere Erkenntnisse noch erweiterungsbedürftig. Weitere Forschungen sind notwendig und diese werden von der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik z. Z. an zwei Stellen unterstützt.

Die schweren Verbrennungen, welche von großen elektrischen Strömen und von Lichtbögen herrühren, markieren sich zunächst auf der Körperoberfläche. Die Unfälle mit schweren Verbrennungen, bei denen die unmittelbare Herzbeeinflussung anscheinend in den Hintergrund tritt, ereignen sich vor allem in Hochspannungsanlagen und an Fahrleitungsanlagen im elektrischen Bahnbetrieb. Grundsätzlich sind sie auch in Niederspannungsanlagen möglich, namentlich bei Kurzschlüssen in Hauptverteilungsanlagen. Zahlenmäßig überwiegen diese Fälle jedoch in elektrischen Anlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber. Die Ausdehnung der Verbrennungen wird oberflächlich meist durch brennende Kleider vergrößert. Soweit der Körper von großen Strömen durchflossen wird, kommen auch innere Erhitzungen von Muskeln und Organen zustande, die äußerlich nicht sichtbar sind. Gelenke sind im allgemeinen Stellen geringen Muskelquerschnitts. Der Widerstand der Gelenke ist größer als in den benachbarten Muskeln. Die Wärmeentwicklung ist daher in den Gelenken größer und auf kleinere Querschnitte verteilt. Entsprechend werden auch größere Wärmeschäden in der Nähe der Gelenke auftreten. Verbrennungen durch elektrischen Strom sind deshalb häufig schwerer als sie sich im äußeren Bild darstellen. Die Behandlung schwerer Verbrennungen ist ärztlich noch ein Problem. Zur Zeit werden verschiedene Methoden angewandt, die unter der Verantwortung der Ärzte dem Heilverfahren unterliegen. Ein in der Schweiz empfohlenes Verfahren, einem durch elektrischen Strom Verunglückten nach dem Unfall möglichst viel Flüssigkeit, möglichst alkalische Wässer oder Trinkwasser mit Zusatz von Natriumbikarbonat zu verabreichen, ist auch in der Schweiz umstritten. Nach sorgfältiger Prüfung haben die deutschen Berufsgenossenschaften davon abgesehen, dieses Verfahren in die erste Hilfe durch Laien einzuführen. Bis zur weiteren Klärung bleibt diese Methode dem Heilverfahren unter ärztlicher Leitung überlassen. In der ersten Hilfe durch den Laien sollen sichtbare Brandwunden möglichst wenig beeinflusst werden. Die Bedeckung mit keimfreiem Verbandstoff oder Wismuthbrandbinde ist zulässig. Salben und Öl in der ersten Hilfe sind nicht vorgesehen, weil sie das Heilverfahren ungünstig beeinflussen können.



SBIK

ist seit langen Jahren ein Begriff für zuverlässige und betriebs-sichere Schaltgeräte. Konstruktiv bis ins Kleinste durchdacht, meisterhaft gebaut, sind die „SBIK“-Schaltgeräte und Schaltanlagen als das Ergebnis jahrzehntelanger Entwicklungs- und Forschungsarbeit auf dem Gebiete des Schaltgerätebaues zu einem wichtigen Bestandteil elektrischer Betriebseinrichtungen geworden. -- Wir liefern für Nennstromstärken bis 600 A und Spannungen bis 500 Volt:

Fernschalter

Schütze mit und ohne Motorschutz, sowie Wendeschalter, Stern-dreieck-Schalter, Polumschalter, Notlicht-(Netz-) Umschalter

Handbetätigte Überstrom-Schalter

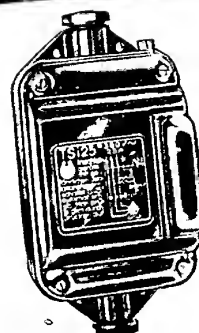
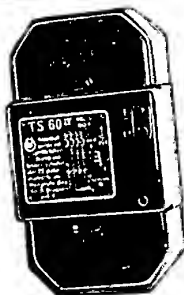
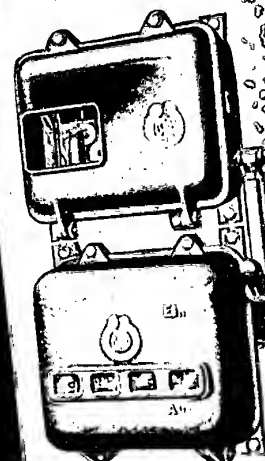
Motor-Schaltwarte, Überstrom-Leistungsschalter, auch mit Gestänge- und Motorantrieben

RWE-Schutzschalter

Trennwarte, Steckwarte, Hausanschlußkasten, Stations-Schalter, auch mit Wiedereinschalt-Vorrichtung

Steuergeräte für Fernschalter, Überspannungsableiter, sowie gußgekapselte Verteilungs-Anlagen

Verlangen Sie die SBIK-Auszugsliste



SCHIELE INDUSTRIEWERKE GMBH.

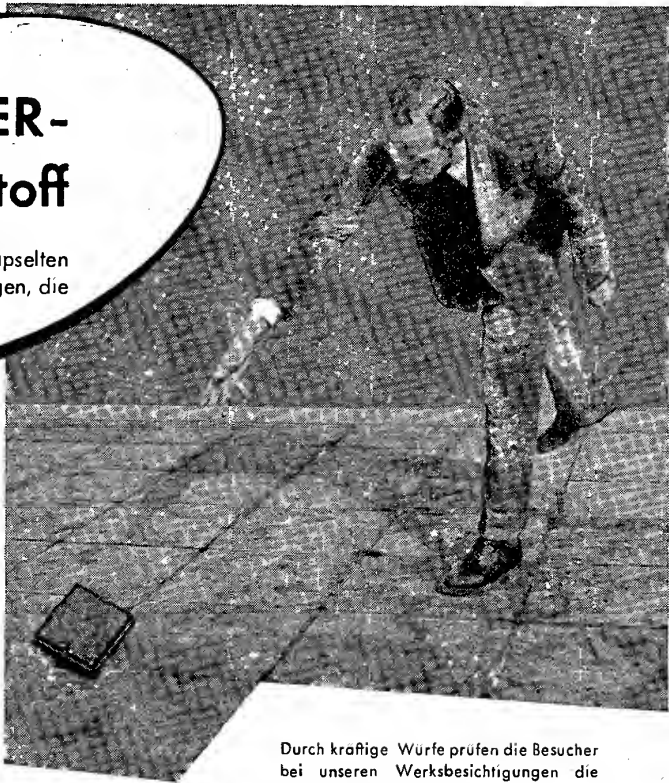
HORNBERG / SCHWARZWALDBAHN

PANZER- Isolierstoff

den wir ausschließlich für unsere isoliertgekapselten Schaltgeräte verwenden, erfüllt alle Forderungen, die der Betriebsmann an die Kapselung elektrischer Schaltgeräte stellt, wie:

Mechanische Festigkeit

Panzer-Isolierstoff enthält im Gegensatz zu den handelsüblichen, leicht zerbrechlichen Halzmehl-Isoliermaterialien, verschleißfeste Cordgewebefasern als Füllstoff. Diese verfilzen sich beim Pressen zu einem elastischen Gewebe und geben dem Panzer-Isolierstoff eine Festigkeit, die ihm in Abnehmerkreisen zu seinem Namen verhalf.



Durch kräftige Würfe prüfen die Besucher bei unseren Werksbesichtigungen die mechanische Festigkeit unseres neuen Panzer-Isolierstoffes.
















Isolierung

Diese kann bei Metallkapselungen niemals gewährleistet werden; selbst dann nicht, wenn Erdung, Nullung oder Schutzschaltungen angewandt werden. Diese Maßnahmen sind nach den VDE-Vorschriften „der Natur nach als Behelf“ anzusehen. Man merke: Körperschluß bei Metallkapselung bedeutet Lebensgefahr; bei Isolierkapselung dagegen ist hundertprozentige Sicherheit gewährleistet. Ein alter Grundsatz in Elektrikerkreisen lautet: **Isolieren ist sicherer als Erden.**

Korrosionsfestigkeit

Atmosphärische und chemische Einflüsse greifen auf die Dauer jede Metallkapselung an. Panzer-Isolierstoff dagegen zeigt bei Einwirkungen von Gasen und Dämpfen keine Korrosionserscheinungen.

Die nachstehende Tabelle zeigt eindeutig, wie widerstandsfähig Preßstoffe gegen chemische Einflüsse sind. Metallkapselungen würden unter diesen Einwirkungen ausnahmslos korrodieren und damit der Zerstörung anheimfallen.

Einflußstoff	Preßstoff	
	Phenolbasis	Harnstoffbasis
Schwache Mineralsäuren, z. B. wässrige Salzsäure, schweflige Säure		
Starke Mineralsäuren		
Org. Säuren, Ameisen-, Essig-, Wein-, Milch-, Zitronen-, Fettsäure		
Schwache Basen wie Ammoniak, Kalkwasser, Soda, Pottasche, neutrale Seifenlösungen		
Natron- und Kalilauge bis 5%		
Andere Stoffe wie Kupfervitriol, Schwefel in Dampf- form, Schwefelwasserstoff, Chlor, Wasserstoffsulfoxid, Wasser, Petroleum, Paraffin, Mineralöle, Fette		
 starker Einfluß  geringer Einfluß  ohne Einfluß		

Fordern Sie bitte unverbindlich unsere Listen an!

51/9



KLOCKNER-MOELLER-BONN

ELEKTRISCHE SCHALTGERÄTE · GEKAPSELTE STEUERUNGEN · VERTEILUNGSANLAGEN

Wenn man sieht, daß bei einer Stromstärke von 80 bis 100 mA schon unmittelbare Lebensgefahr durch den elektrischen Strom besteht, so kann man die kleineren Ströme doch nicht ohne weiteres vernachlässigen. Nach Versuchen in der Schweiz [3] mit 50periodigem Wechselstrom kann man umfaßte Elektroden bei 15 mA Stromstärke nicht mehr loslassen. Nach den gleichen Versuchen sind 0,9 mA gerade spürbar. Nach neuen amerikanischen Versuchen [4] mit 60 periodigem Wechselstrom sind 0,4 mA gerade spürbar. Es ist nicht abzusehen, daß durch einen plötzlichen elektrischen Reiz unerwünschte Bewegungen ausgelöst werden, die beim Arbeiten in der Nähe bewegter Maschinenteile oder auf einem erhöhten Standort zu einem Unfall oder einem Absturz führen können. Bei strengem Maßstab wird man eine bedingte Gefahr schon bei 15 mA Stromstärke im Körper annehmen müssen, während bei 80 mA eine unbedingte Gefahr beginnt.

Durch Zusammenarbeit zwischen Praxis und Forschung, zwischen Ingenieur und Arzt, gilt es auch auf dem Gebiet der Unfälle durch elektrischen Strom mit den Neuerungen auf dem Laufenden zu bleiben. Bewährte Maßnahmen sollen jedoch erst verlassen werden, wenn auch die Neuerungen erprobt sind.

Zusammenfassung

Nach dem heutigen Stand der Erkenntnis ist der Soforttod nach der Einwirkung von elektrischem Strom ein Herztod. Bei der überwiegenden Anzahl der Todesfälle durch elektrischen Strom wird Herzkammerflimmern auf Grund der Stromeinwirkung anzunehmen sein. Die Wirkung verschiedener Stromstärkegruppen auf Grund von Tierversuchen wird erwähnt. Große Ströme wirken hauptsächlich durch ihre Hitzeeinwirkung, die im Körper als Elektrowärme, am Körper als Lichtbogenwärme auftritt. Neue Vorschläge zur ersten Hilfe bei Atemstillstand und bei Verbrennungen werden kritisch betrachtet. Weitere Klärungen durch Zusammenarbeit von Ingenieur und Arzt sind notwendig.

Schrifttum

- [1] H. Freiburger: Der elektrische Widerstand des menschlichen Körpers gegen technischen Gleich- und Wechselstrom. Julius Springer, Berlin 1934.
- [2] S. Koeppe: Der elektrische Tod. ETZ 55 (1934) S. 835. S. Koeppe: Untersuchungen über die Abhängigkeit der Elektrizitätswirkung von Einwirkungsdauer u. Stromstärken von 1...100 mA., Naunyn-Schmiedeberg's Arch. exp. Path. u. Pharm. 178 (1935) S. 654.
- [3] Beitrag zur Kenntnis der Vorgänge beim Stromdurchgang durch den menschlichen Körper. Bull. Schweiz. elektrotechn. Ver. 20 (1929) S. 428.
- [4] C. F. Dalziel u. T. H. Mansfield: Perception of Electric Currents. Electr. Engng. 69 (1950) S. 794.

Neufassung von VDE 0370 „Vorschriften für Isolieröle“

Von Lothar Maurer, Nürnberg

KD 621.315.615.2

Der Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) sowie der Fachausschuß für Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM), dem die Normung auf dem Gebiet der Mineralöle und flüssigen Brennstoffe obliegt, haben im Jahre 1950 einen gemeinsamen Ausschuß „Isolieröle“ ins Leben gerufen mit der Aufgabe, die veralteten Vorschriften VDE 0370/1936 dem Stand der Technik anzupassen.

Der von diesem Ausschuß ausgearbeitete Entwurf VDE 0370/... 52¹ weicht von der seitherigen Fassung im wesentlichen ab: im Geltungsbereich, in der Festlegung eines allgemein gültigen Prüfverfahrens zur Bestimmung der Alterungsneigung und in den Bestimmungen über das Isoliervermögen.

Der Geltungsbereich des Entwurfes erstreckt sich nur auf reine Erdölprodukte zur Verwendung in Transformatoren, Wandlern und Schaltgeräten. Öle, die mit Zusatzstoffen z. B. Alterungsinhibitoren versetzt sind, fallen nicht unter die Vorschriften, da hierfür u. U. andere Prüfverfahren angewendet werden müssen.

Öle für Kondensatoren und Hohlkabel werden zunächst in die Vorschrift nicht einbezogen. Die Beurteilung der Alterungsneigung unterlag bis jetzt freier Vereinbarung, wobei in der bisherigen Vorschrift die anzuwendende Alterungsmethode für die Bestimmung der Verteerungszahl beschrieben wurde. Diese Prüfung nimmt keine Rücksicht auf die betriebsmäßige Einwirkung von Metallen auf Isolieröle. Im Betrieb dagegen haben sich Isolieröle bewährt, die auf Grund der Alterungsprüfung nach Baader² ausgewählt wurden. An verschiedenen deutschen Stellen systematisch durchgeführte Forschungsarbeiten bestätigen, daß bei der Baaderprüfung die Veränderungen im strukturellen Aufbau in Gegenwart von Kupfer mit den natürlichen Alterungsvorgängen weitgehend übereinstimmen. Daher ist eine große Zahl der namhaftesten Ölverbraucher in der deutschen Industrie und Elektrizitätsversorgung bereits seit längerer Zeit dazu übergegangen, das Verfahren nach Baader anzuwenden. Der Ausschuß „Isolieröle“ hat deswegen die Baaderprüfung in die Vorschrift aufgenommen.

Als Alterungsbeschleuniger ist Kupfer vorgesehen, das von den in elektrischen Geräten verwendeten Metallen am stärksten katalytisch auf Öl einwirkt.

Das Verhalten eines Isolieröles beim elektrischen Durchschlag erforderte ein Prüfverfahren, das reproduzierbare Durchschlagswerte liefert, um Anhaltspunkte über Änderungen des Isoliervermögens des Öles zu geben. Wie vielseitige Erfahrungen übereinstimmend beweisen, boten die bisherigen Bestimmungen über die Durchschlagfestigkeit keine

Gewähr für Reproduzierbarkeit, da sie viele Durchführungsmöglichkeiten, besonders hinsichtlich der Wahl des Elektrodenabstandes zuließen. Hierdurch ergaben sich vornehmlich bei der Überwachung von Öltransformatoren zahlreiche Unstimmigkeiten.

Der Ausschuß „Isolieröle“ hat daher beschlossen, als Maß für das Isoliervermögen eines Öles nicht die Durchschlagfestigkeit, sondern die Durchschlagsspannung bei gleichbleibendem Elektrodenabstand von 2,5 mm festzulegen. Dieser Beschluß stützte sich auch auf Ergebnisse von Versuchen, die Prof. Schering im Hochspannungsinstitut der Technischen Hochschule Hannover über den Einfluß von Elektrodenabstand, Elektrodenform und Spannungssteigerung auf die Öldurchschlagsspannung durchführen ließ. Damit ist eine Angleichung an die Vorschriften vieler Länder gefunden worden. Die Form der bisherigen VDE-Elektrode wurde zunächst bis zu einer späteren internationalen Regelung beibehalten.

Die neuen Vorschriften enthalten ferner genaue Richtlinien für die Ölprobeentnahme sowie für die Vorbehandlung von Prüf- und Zwischengefäßen, um Fehler weitgehend auszuschließen. Als Mindestwert der Durchschlagsspannung eines Gebrauchsöles waren bisher 80 kV/cm, also 20 kV bei 2,5 mm Elektrodenabstand, vorgeschrieben. Dieser Wert war seinerzeit in erster Linie mit Rücksicht auf Ölschalter festgelegt worden, bei denen das Isoliervermögen des Öles nicht die Bedeutung hat wie bei Transformatoren und Wandlern für hohe Spannungen. In Verbraucherkreisen entstand dadurch die irrtümliche Ansicht, daß die Betriebssicherheit selbst eines Transformators für Höchstspannungen nicht nur im Betrieb, sondern auch bei der vorgeschriebenen Isolationsprüfung bei der Abnahme gewährleistet ist, wenn die Durchschlagsspannung von 80 kV/cm nicht unterschritten wird.

Die hohen Anforderungen, insbesondere an Raumausnutzung, wie sie bei neuzeitlichen Transformatoren und Wandlern, z. B. den bekannten Wander- und Fahrzeugtransformatoren, gestellt sind, können nur bei gesteigertem Isoliervermögen des Öles erfüllt werden. Eine Anfangsdurchschlagsspannung des Öles von über 50 kV bei 2,5 mm Elektrodenabstand kann heute ohne Schwierigkeiten erreicht werden. Durch zweckentsprechende Ausbildung von Ölausehnungsgefäßen, Trocknungsvorlagen und andere Maßnahmen und durch einwandfreie Ölpflege ist ein hohes Isoliervermögen des Öles auch im Betrieb aufrechtzuerhalten.

Die neuen Vorschriften für das Isoliervermögen von Gebrauchsölen sind der Art der Geräte sowie der Höhe der Betriebsspannung angepaßt. Damit ist der Entwicklung der Hochspannungstechnik in den letzten Jahrzehnten Rechnung getragen worden, ohne die Ölpflege im Betrieb übermäßig zu erschweren.

¹ Der Entwurf kann von der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt/M., Osthafenplatz 6, bezogen werden (siehe Bekanntmachung in der ETZ 72 (1951) H. 11, S. 367).

² Literaturstelle: Olbuch 1950 S. 81. Verlag der Elektrizitätswirtschaft, Göttingen.

Zentrale Wählerfernsteuerung nach dem Impulsintervallverfahren

Von F. Nolte, Frankfurt a. M.

DK 621.398:621.316.3

Übersicht. Es wird ein einfaches und wirtschaftliches Fernsteuerungsverfahren beschrieben, das entweder mit einem Steuerdraht oder mit Tonfrequenzüberlagerung arbeitet und der zentralen Fernsteuerung von Verbrauchergruppen (z. B. der Straßenbeleuchtung und der Heißwasserspeicher) und von Tarifapparaten (z. B. Doppeltarifzählern) dient.

A. Zweck der zentralen Wählerfernsteuerung

Die nachfolgende Abhandlung befaßt sich mit der Fernsteuerung elektrischer Verbrauchergruppen und Tarifapparate. Die zentrale Fernsteuerung übernimmt alle bisher von Schaltuhren durchgeführten Aufgaben, sie ist aber an kein starres Zeitprogramm gebunden, gestattet vielmehr das Zu- und Abschalten von Verbrauchergruppen und Tarifapparaten je nach der augenblicklich zur Verfügung stehenden Leistung. Gleichzeitig entfallen alle den Uhren anhaftenden Nachteile, vor allem das Nachstellen und die bekanntlich erheblichen Überholungsarbeiten.

Im einzelnen lassen sich folgende Aufgaben durchführen:

I. Fernsteuerung bestimmter Verbrauchergruppen

a) Verbraucher von Überschuß-Energie.

Bestimmte Verbrauchergruppen können durch die Fernsteuerung jeweils dann eingeschaltet werden, wenn genügend Energie zur Verfügung steht, z. B. tagsüber zu Zeiten schwacher Belastung, nachts oder sonntags. Dies können sein: Heißwasserspeicher, Futterdämpfer, Berieselungsanlagen, Industrieöfen und ähnl. industrielle Verbrauchergruppen, Pumpanlagen, Elektrokessel (d. h. Dampferzeuger), Treibbeet-Heizungen.

b) Sonstige Verbrauchergruppen. — Je nach den Verhältnissen können noch folgende Verbraucher ferngesteuert werden: Kondensatoren zur Leistungsverbesserung, öffentliche oder private Uhrenanlagen, Beleuchtungsanlagen (Straßenbeleuchtung, Treppenhausebeleuchtung, Schaufensterbeleuchtung, Lichtreklame, Verkehrssignale).

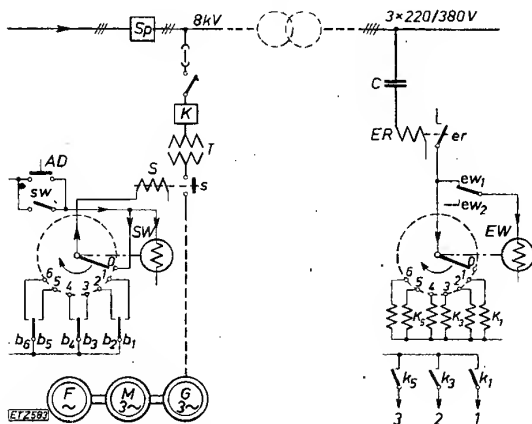


Bild 1. Prinzipschema der L & G-Tonfrequenz-Fernsteuerung mit Parallelüberlagerung und Einspeisung ins Hochspannungsnetz 8 kV.

II. Fernsteuerung von Tarifapparaten

Mehrfachtarifzähler (Doppel- und Dreifach-Tarifzähler)

Schließlich besteht noch die Möglichkeit, die Fernsteuerung zur Durchgabe bestimmter Signale (z. B. für Polizei- oder Feuerwehrzwecke oder Entstör- und Baurupps bzw. sonstige Arbeitsgruppen) zu verwenden.

Von allen inzwischen praktisch erprobten Fernsteueranlagen (es dürften zur Zeit etwa 200 derartige Anlagen im Betrieb oder Bau sein) hat sich das Impulsintervallverfahren durchgesetzt. Die einzelnen Befehle werden hierbei durch verschieden lange Zeitintervalle zwischen dem Startimpuls

und dem Befehlsimpuls unterschieden. Die Steuerimpulse können entweder über einen etwa vorhandenen Schaltdraht oder mit Tonfrequenz über das Leitungsnetz übertragen werden. Da das Verfahren ohne Steuerdraht das umfassendere ist, wird nachstehend nur hierauf näher eingegangen.

B. Fernsteuerung mit Tonfrequenz

I. Wirkungsweise

Die Tonfrequenz wird hierbei in einem Maschinensatz, der aus einem Tonfrequenzgenerator G, einem Asynchronmotor M und einem Frequenzumformer F besteht, erzeugt und über ein Schaltschütz S, einen Isoliertransformator T und ein Kopplungsfilter K dem Hochspannungsnetz aufgedrückt (Bild 1). Die Impulse durchlaufen das gesamte Netz hoch- und niederspannungsseitig. Netzteile, die nicht mit Tonfrequenz überlagert werden sollen, müssen evtl. durch Sperrfilter Sp gegen die Tonfrequenz abgeriegelt werden. Die Empfänger enthalten ein Resonanzrelais, das aus einer Induktivität ER besteht, auf die die Steuerfrequenz mit dem Kondensator C abgestimmt ist und anspricht, sobald die Tonfrequenz-Impulse eintreffen. Sowohl Sender als auch Empfänger sind mit einem Wähler mit Synchronmotorantrieb ausgerüstet.

Mit dem Startimpuls werden der Synchronmotor des Sendewählers (SW) und zugleich über den Kontakt „0“ und den Wählerarm das Impulsschütz S an Spannung gelegt und der Kontakt s geschlossen.

Der Tonfrequenzgenerator G wird dadurch kurzzeitig (rd. 0,3 s lang), solange der Kontaktarm den Kontakt 0 berührt, über den Isoliertransformator T und das Kopplungsfilter K mit dem Hochspannungsnetz verbunden und drückt dem gesamten Netz den Tonfrequenz-Startimpuls auf. Der Tonfrequenzstrom ist dem Netzstrom überlagert und gelangt über sämtliche, evtl. mehrere Transformatoren hinweg bis zum entferntesten Abnehmer.

Empfängsseitig wird über den Resonanzkreis C-ER, der auf die Sendefrequenz abgestimmt ist, in allen Empfangsrelais der Kontakt „er“ betätigt. Die Synchronmotoren der Empfänger werden damit praktisch gleichzeitig mit dem des Sendewählers zum Anlaufen gebracht. Gleichzeitig werden sende- und empfangsseitig die Schalter sw bzw. ew umgeschaltet und legen die Synchronmotoren direkt an das 50 Hz-Netz. Die von den Motoren angetriebenen Wähler tasten dann der Reihe nach sämtliche Kontakte 1 ... 50 ab. Ist sendeseitig einer der Befehlsschalter b geschlossen, so erhält das Impulsschütz in dem Augenblick, in dem der Wählerarm den geschlossenen Kontakt überstreicht, während rd. 0,25 s erneut Spannung. Es schließt dabei seinen Kontakt s, und nochmals wird ein tonfrequenter Impuls auf das Netz übertragen. Dieser zweite „Impuls“ ist der Befehlsimpuls, der die Schalthandlung ausführt und der empfangsseitig dasjenige Kipprelais K (Ein- oder Ausschaltschaltung) kurzzeitig an Spannung legt, das dem geschlossenen Befehlsschalter entspricht und durch den der Schalter k betätigt wird.

Je nachdem, ob das Relais einen Boiler einschalten oder irgend eine andere Schalthandlung ausführen soll, wird es mit einem ein- bis dreipoligen Kontakt für 10 oder 15 A ausgerüstet. Die im Schema gezeichneten Befehlsschalter b sind in Wirklichkeit Kontakte von Kipprelais, die so geschaltet sind, daß beim Betätigen eines Kommando-Schwenkschalters zunächst die Tonfrequenz-Umformerguppe anläuft. Erst nachdem der Maschinensatz hochgelaufen ist, wird der Kontakt AD kurzzeitig geschlossen.

Damit der jeweilige Schaltzustand gut überblickt werden kann, ist jedem Kommandoschalter eine rote oder grüne Signallampe zugeordnet. Diese Lampen blinken, sobald ein Befehl erteilt wird und kennzeichnen eingeschaltet den jeweiligen Schaltzustand, sobald der Befehl ausgeführt ist. Im

¹ s. a. ETZ 71 (1950) S. 589.

Sender vorhandene Relais quittieren dabei, daß die Sendung auch eindeutig hinausgegangen ist. Falls an der Sendeautomatik oder in der Umformergruppe irgendeine Störung auftritt, wird eine Störlampe eingeschaltet und ein akustisches Signal ertönt.

II. Wahl der Steuerfrequenz

In Tonfrequenzsteueranlagen ist die Wahl der Steuerfrequenz von größter Bedeutung. Dabei sind die Übertragungseigenschaften der Leitung, die Einflüsse von Kapazitäten, das Oberwellenproblem, ferner Geräusche und der Aufwand für die Sendemittel zu berücksichtigen.

a) Einfluß der Transformatoren und der Leitungen (des Spannungsabfalls). — Es gilt die allgemeine Regel, daß ein Netz einen Wechselstrom umso besser überträgt, je näher dessen Frequenz neben der Betriebsfrequenz liegt; denn nach ihr wurde die Netzanlage projektiert. Diejenige Frequenz wird sich als die günstigste herausstellen, die kleinste Spannungsabfälle, also größte Reichweite ergibt und sich andererseits in den Kopplungs- und Sperrorganen, sowie in den Empfängern noch ohne größeren Aufwand von der Netzfrequenz trennen läßt. Da die Reaktanzen mit der Frequenz zunehmen, wachsen auch die induktiven Spannungsabfälle entsprechend. Hohe Steuerfrequenzen bedingen große Spannungsschwankungen an den Empfängern. Je größer die Spannungsschwankungen werden, umso labiler wird der Fernsteuerbetrieb, d. h. der Fernsteuerbetrieb ist stark abhängig von der jeweiligen Belastung und damit auch von etwaigen späteren Netzveränderungen. Je kleiner die Steuerfrequenz gewählt wird, umso günstiger gestalten sich die Übertragungsverhältnisse.

b) Einfluß von Kondensatoren. — Ein ausgesprochener Nachteil von Frequenzen über z. B. 1000 Hz liegt außerdem in dem Umstand, daß die Sendeleistung, die bei allen Tonfrequenz-Steuersystemen hauptsächlich von den Energieverbrauchern und nicht etwa von den Empfangsgeräten absorbiert wird, bei höheren Frequenzen in einem viel stärkeren Maße durch die im Netz vorhandenen Kapazitäten verbraucht wird als bei niederen Frequenzen. Dies gilt sowohl für Kabel und für die zur Verbesserung des Leistungsfaktors üblichen Kondensatoren, als auch für die Kondensatoren, die neuerdings in größeren Stückzahlen in den Fluoreszenzlampen verwendet werden. Der Einfluß der Kapazität wächst proportional mit der Kabellänge und dem Quadrat der Spannung. Die Reichweite von Tonfrequenzanlagen mit höheren Frequenzen ist demzufolge geringer als diejenige von Sendeanlagen niedriger Frequenz. Daran muß man bei der Wahl der Steuerfrequenz denken, denn eine spätere Herabsetzung ist praktisch unmöglich.

c) Einfluß von Oberwellen. — Weiterhin muß bei der Wahl der Sendefrequenz auf die in jedem Netz vorhandenen höheren Harmonischen des 50 Hz-Netzes Rücksicht genommen werden, da die Empfänger evtl. durch Oberwellen ansprechen können (Bild 2). Messungen in einer größeren Anzahl von Netzen haben gezeigt, daß vor allem die 5., 7., 11. und 13. Harmonische mit größeren Werten vorkommen.

Aus dem Charakter des Oberwellenspektrums zeichnen sich zwei grundsätzlich verschiedene Wege ab, um Ober-

wellenbeeinflussungen auf die Empfangsgeräte zu vermeiden. Entweder wählt man das Gebiet der hohen Frequenzen, in dem die Oberwellen im allgemeinen relativ schwach sind, oder man wählt niedrige Frequenzen und benutzt möglichst breite Lücken im Frequenzspektrum.

Der erste Weg setzt voraus, daß die niedrigen Spannungswerte der Oberwellen in den höheren Frequenzlagen sich in der Zukunft nicht vergrößern. Gerade dies wird jedoch durch konkrete Beobachtung in Frage gestellt. Außerdem treten die Oberwellen bekanntlich zeitlich und örtlich außerordentlich verschieden stark in Erscheinung.

Wählt man aber den anderen Weg und legt die Steuerfrequenz in eine natürliche Lücke des Oberwellenspektrums, so ist man vor Überraschungen sicher. Da außerdem die prozentualen Abstände von 2 benachbarten Oberwellen gegenüber der Frequenz der Lückenmitte mit steigender Ordnungszahl abnehmen, ergibt sich die Tatsache, daß die am tiefsten liegenden Frequenzen die größte Gewähr dafür bieten, daß selbst bei stark abweichender Netzfrequenz keine Schwierigkeiten zu befürchten sind. Der prozentuale Abstand zu den benachbarten Oberwellen beträgt z. B. bei 475 Hz gegen 350 Hz (7.) 26,3% und gegen 550 Hz (11.) 16%.

d) Einfluß von Geräuschen. — Auch hinsichtlich störender Geräusche in Telefon- und Radioanlagen verhalten sich niedrige Frequenzen günstiger als höhere. Nach der Fachliteratur ist z. B. bei 2200 Hz eine mindestens 4mal geringere Oberwellenstärke zulässig als bei 500 Hz, wenn die Störschwelle von Telephonanlagen nicht überschritten werden soll.

Zusammenfassend weisen die technischen Bedingungen eindeutig in die Richtung der tiefen Frequenz. Das beschriebene Impuls-Intervallverfahren arbeitet deshalb auch entweder mit der Frequenz 475 oder 725 Hz und nimmt den etwas größeren Aufwand für die Senderleistungen von 1,5 ... 29/00 der Netzleistung bewußt in Kauf. Dadurch ist es möglich, die Impulse ohne jegliche Verstärkung bis zum entferntesten Empfangsrelais durchzugeben und die Empfangsrelais ohne Verstärker einfach und robust zu bauen.

III. Wahl der Empfangsspannung (Einfluß von Störspannungen)

Damit Fremdspannungen die Empfangsrelais nicht beeinflussen können, dürfen auch deren Empfangsspannungen nicht allzu klein sein. Sie betragen bei den weiter unten beschriebenen Empfängern im Minimum 2% der Netzspannung, d. h. 4,4 V bei 220 V, und die Praxis hat bewiesen, daß Stoßwellen durch Schaltvorgänge oder atmosphärische Entladungen die Empfänger nicht zum Ansprechen bringen. Die natürliche Anlaufverzögerung des Wählerantriebs ist dabei gleichfalls von Einfluß. Ein unbeabsichtigter Wählerumlauf hätte außerdem gar keine Folgen, da sich der Wähler nach Beendigung eines Umlaufs automatisch einfach stillsetzt, ohne daß ein Kipprelais betätigt worden wäre.

Aber auch Störungen durch fremde Spannungsquellen (Störsender) sind praktisch nicht möglich, da die Leistung der Störquelle wie die Steuerleistung größtenteils von den Verbrauchsapparaten absorbiert wird und die zum Stören erforderliche Minimalleistung mit dem Quadrat der Ansprechspannung der Empfangsgeräte steigt.



Bild 3. Tonfrequenz-Umformergruppe 20 kVA, bestehend aus Generator, Asynchronmotor und Frequenzumformer.

C. Apparate

1. Tonfrequenz-erzeuger (Maschinensatz)

Die Tonfrequenz wird in einem Maschinensatz erzeugt (Bild 3), der aus einem Generator, der von einem Asynchronmotor entgegen der Drehfeldrichtung angetrieben wird, und einem Frequenzumformer besteht. Nimmt man z. B. eine

² s. W. Koenig: Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 196.

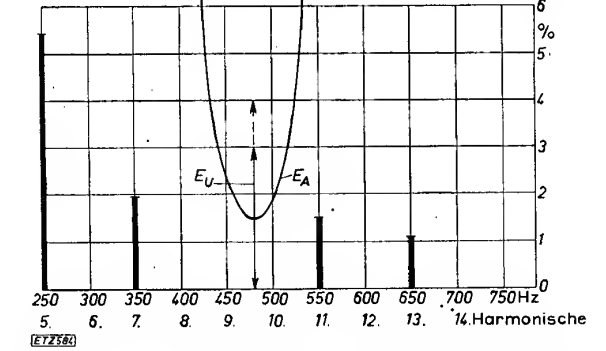


Bild 2. Typisches Oberwellenspektrum eines Dreiphasennetzes und Ansprechbereich der Empfangsgeräte von L & G-Überlagerungs-Fernsteueranlagen.

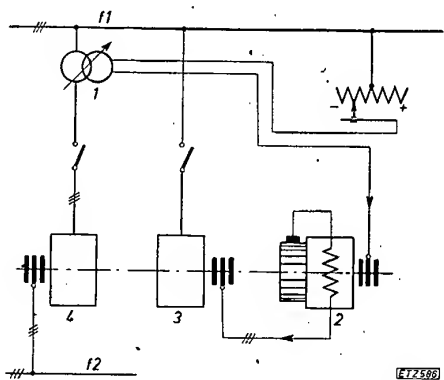


Bild 4. Schaltung, um die Drehzahl der Umformergruppe konstant zu halten.

18polige Maschine und treibt sie mit 3000 U/min entgegen ihrem Drehfeld an, so erhält man eine Frequenz

$$f = 50 + \frac{p \cdot n}{60} = 500.$$

Als Antriebsmotor dient ein Asynchronmotor mit der synchronen Drehzahl von 3000 U/min. Der Frequenzumformer ist notwendig, um die Tourenzahl dieser Umformergruppe stets konstant zu halten, gleichgültig ob die 50 Hz-Netzfrequenz, die der Erregung dient, innerhalb $\pm 5\%$ schwankt oder der Tonfrequenzgenerator vom Leerlauf auf Vollast übergeht. Dies ist durch eine spezielle Schaltung (Bild 4) erreicht, und zwar wird über einen Wandler im Erregerkreis des Tonfrequenzgenerators und den Frequenzumformer dem Rotor des Asynchronmotors eine zusätzliche Regelspannung von Schlupffrequenz zugeführt, die so groß ist, daß das dadurch entstehende zusätzliche Antriebsmoment das Bremsmoment, das im Tonfrequenzgenerator durch Belastung (bei Impulssendung) entsteht, kompensiert. Dadurch wird die Tonfrequenz praktisch konstant gehalten, wodurch sichergestellt wird, daß der Resonanzkreis im Empfangsrelais stets im Resonanzpunkt arbeitet.

2. Empfänger

Der Empfänger besteht aus einem Kondensator und einer Induktivität (Reaktanz des Resonanzrelais), nämlich dem auf die Sendefrequenz abgestimmten Reihenresonanzkreis, einem Synchronmotor, sowie dem Nockenwähler und einer Anzahl Kipprelais. Die ankommenden Steuerimpulse sind stark genug, um das Resonanzrelais direkt zu betätigen (keine Verstärkerröhren!) (Bild 5). Der Empfänger ist in einem normalen Zählergehäuse untergebracht und denkbar robust und einfach im Aufbau, weil er für eine relativ kleine Frequenz (475 oder 725 Hz) und relativ große Empfangsspannung (4,4 ... 6,6 V) entwickelt wurde. Außerdem ist der Empfänger

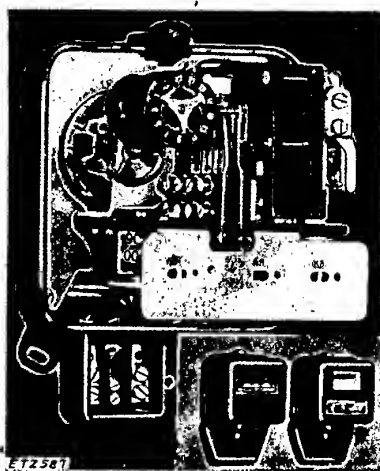


Bild 5. Beispiel eines Empfangsgerätes für 3 Doppelkommandos für je 10 A, 380 V.

nach dem Baukastenprinzip zusammengesetzt und kann mit 1 ... 6 ein- oder mehrpoligen Kipprelais für 10 oder 15 A ausgerüstet werden, sogar auch mit Schaltern bis zu 100 A.

Um die Typenzahl auf ein Minimum zu reduzieren, besitzt der Empfänger einen Nockenwähler, mit dem er durch einen einfachen Handgriff auf jedes beliebige der 25 Doppelkommandos eingestellt werden kann, ohne daß Leitungen umgeklemmt zu werden brauchen. Er kann damit auch am Einbauort leicht auf ein anderes Kommando umgestellt werden (Bild 6). Ferner besteht die Möglichkeit, die Empfänger in etwa vorhandene Zeitschalter an Stelle der Uhrwerke einzubauen.

Der Empfänger wurde so konstruiert, daß er keiner periodischen Wartung bedarf und ebenso lange im Betrieb bleiben kann, wie Elektrizitätszähler. Er besitzt wenig bewegliche Elemente, keinerlei Schmierstellen und vor allem

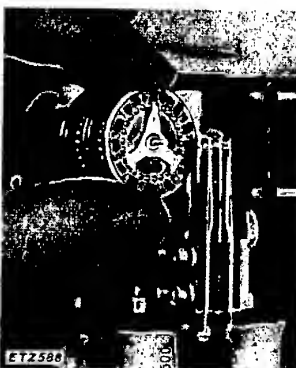


Bild 6. Nockenwähler.

keine empfindlichen Lager oder andere Reibungsflächen. Die den Schaltern anhaftenden Mängel, wie das Eintrocknen, Verharzen oder Einfrieren des Öls können damit nicht auftreten.

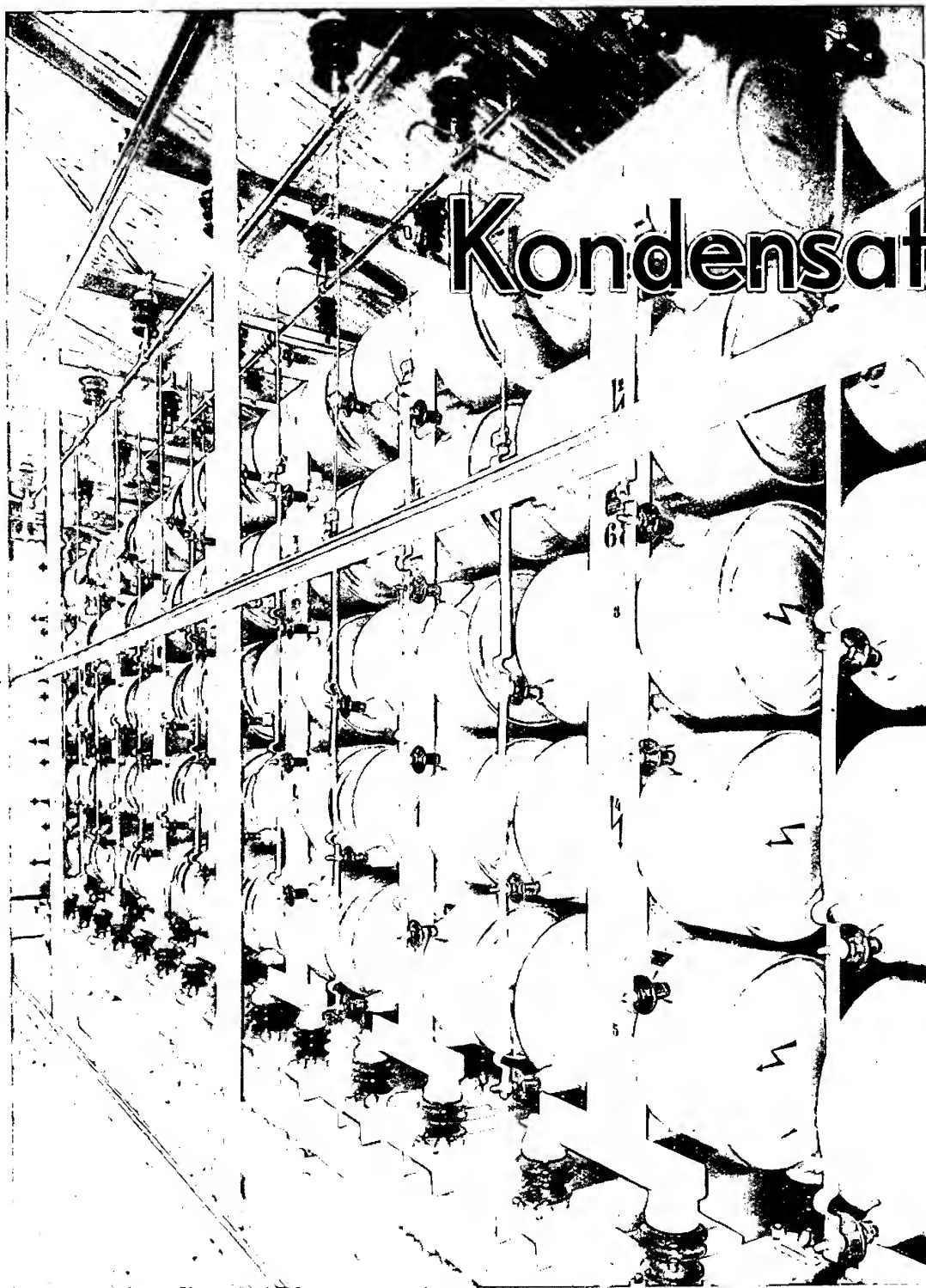
Die Empfänger haben sich in vielen tausend gelieferten Apparaten jahrein, jahraus unter den schwierigsten Bedingungen im Hochgebirge (sogar in Straßenlampenmasten) und bei großen Spannungsschwankungen bewährt.

Zusammenfassung

Das beschriebene Impulsintervall-Fernsteuersystem dient der Fernsteuerung von elektrischen Verbrauchern (z. B. Heißwasserspeichern, Straßenbeleuchtungen usw.) und Tarifapparaten und arbeitet entweder mit Steuerdraht oder ohne einen besonderen Schalt draht mit Tonfrequenz. Es hat sich in vielen ausgeführten Anlagen bewährt. 25 Doppelkommandos (ein — aus) können in etwa 30 s durchgegeben werden. Die Kommandozahl kann durch Gruppen- oder Kombinationswahl beliebig erweitert werden. Tonfrequenzanlagen arbeiten mit 475 oder 725 Hz. Die Sendeleistung wurde mit 1,5 ... 20% der Netzleistung bewußt groß gewählt, um sicherzustellen, daß die Impulse ohne Verstärkung (also ohne Energiespeicherung und Röhren) bis zum entferntesten Empfangsrelais gelangen und dies ansprechen lassen. Die Empfangsrelais sind nicht nur sehr einfach und deshalb verhältnismäßig billig, sondern vor allem betriebssicher, weil sie wenig bewegliche Teile und keine Schmierstellen besitzen und gegen Hitze und Kälte unempfindlich sind. Als wesentliches Bauelement enthalten sie einen Nockenwähler, der jedes Kommando leicht einzustellen gestattet.

Schrifttum

- [1] P. Minder: Tonfrequenz-Netzkommandoanlagen in den USA. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 914.
- [2] Editor: Remote Control Systems. Electr. Tms. 118 (1950) Nr. 3484, S. 953.
- [3] H. Eigl: Die Fernsteuerung des Umspannwerkes Guntramsdorf der Wiener Stadtwerke-Elektrizitätswerke. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 67 (1950) S. 293.
- [4] R. W. Field: Remote Supervisory Control. Gen. Electr. J. 17 (1950) S. 178.
- [5] Versch. Aut. Netzkommando-Anlagen. Bericht über die Diskussionsversammlung des SEV vom 1. Dezember 1949 in Berlin. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 153 (Vorträge von E. Erb, M. Rosengen, J. Peipel, W. König, O. Grob, E. Spahn, mit anschließender Diskussion).
- [6] W. P. Venzke: Fernbedienungsanlagen im Energieversorgungsbetrieb. Verlag W. Girardet, Essen 1950 (mit ausführlichem Literaturverzeichnis).
- [7] J. Peipel: Télécommandes centralisées par courants porteurs. Bull. Soc. franc. Electr. 91 (1949) S. 165.
- [8] W. Schmucki: Praktische Erfahrungen mit der Zentralfernsteuerung. Schweiz. Techn. 46 (1949) S. 749.
- [9] T. W. Ross u. R. M. A. Smith: Centralized Ripple Control on High-Voltage Networks. Proc. Instn. Electr. Engrs. II, 95 (1948) S. 470.
- [10] W. König u. E. Walder: Die Fernwirkanlage Waltersburg-Ilanz. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 39 (1948) S. 635.
- [11] O. Grob: Ein neues Zentralsteuerungssystem ohne Steuerdraht für Verteilnetze. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 37 (1946) S. 211.
- [12] D. Burger: L'action à distance. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 36 (1945) S. 829.



Kondensatoren

für alle
Leistungen
und
Spannungen

Das Bild zeigt einen Teil einer von ASEA gelieferten Kondensatorbatterie für ca. 50000 kVA 11000 V, 50 $\frac{\text{Per}}{\text{sek.}}$ aufgeteilt in 3 gleiche Gruppen, jede mit zugehörigem Schalter.

Repräsentant für Westdeutschland:
Luth u. Rosén El. G.m.b.H.

Frankfurt/Main - Osthafenplatz 6-8

ASEA

Västerås-Schweden

Europas größte Fabrik
für Starkstrom - Kondensatoren



Feinvakuum- und Hochvakuum - Anlagen für die Elektro-Industrie

Imprägnier-Anlagen

für Kondensatoren und Kabel

bei Arbeitsdrucken von 10^{-1} oder 10^{-3} Torr

für Transformatoren

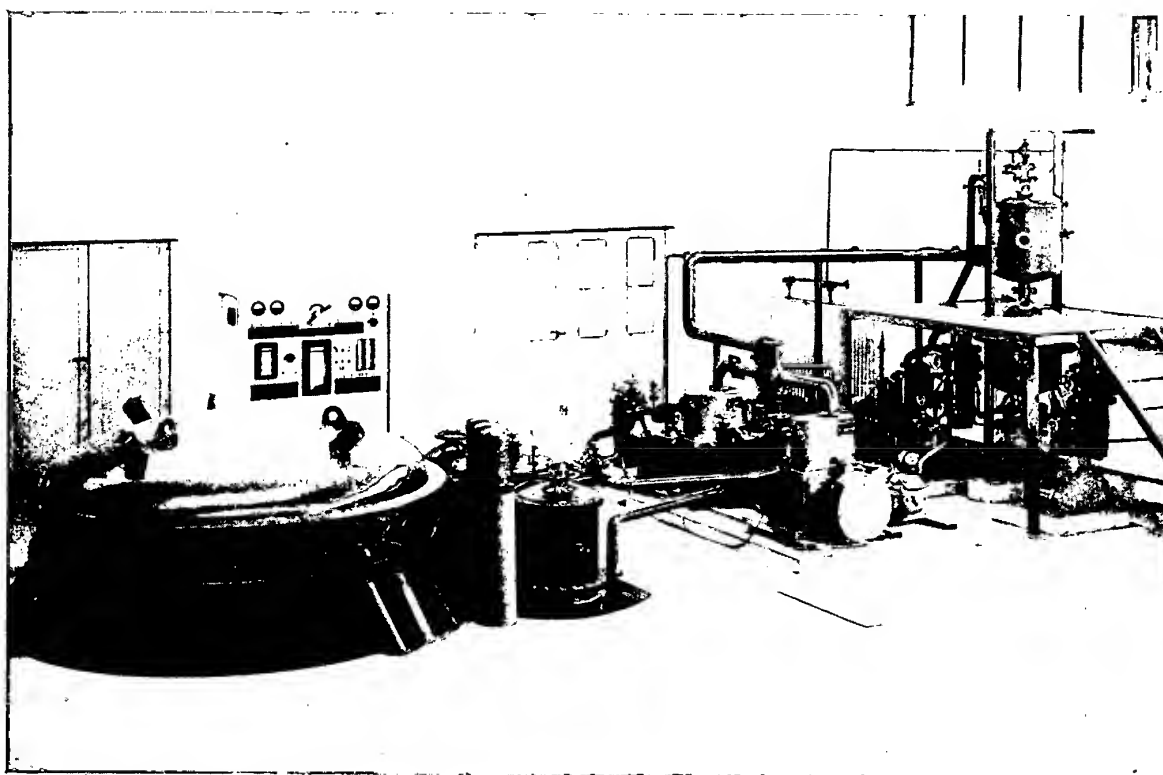
bei Arbeitsdrucken von 10^{-1} Torr

Aufbereitungs-Anlagen

für Imprägniermittel

mit einer Leistung von 0,1 bis 10 t/Tag

bei Arbeitsdrucken von 10^{-1} oder 10^{-3} Torr



Hochvakuum-Imprägnieranlage

bestehend aus einer Imprägniermittel-Aufbereitungs-Anlage mit einer Leistung von 1 t/Tag, einem Vorratskessel für 6 m³ aufbereitetes Imprägniermittel und einem Imprägnierkessel von 10 m³ Inhalt. Arbeitsdruck aller Teile der Anlage: 10^{-3} Torr. Leistung des Hochvakuum-Pumpsatzes: 6000 l/sek.

E. LEYBOLD'S NACHFOLGER · KÖLN-BAYENTAL

BONNER STRASSE 504 · TELEFON 34544 · TELEGRAMME: SCIENTIA KÖLN

- [13] R. C. Cheek u. W. A. Derr: The combination of supervisory control with other functions on power-line carrier channels. Electr. Engng., Trans. Sect., 64 (1945) S. 241.
- [14] J. L. Carr: Remote switching by superimposed currents. Proc. Instn. Electr. Engrs. 91, I (1944) S. 400.
- [15] E. Trachsel: Fernsteuern und Fernmelden über Telefonleitungen. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 35 (1944) S. 655.
- [16] E. Hancs: Zentrale Fernsteuerungen durch neuartige Netzkommandoanlagen. BBC-Mitt. 31 (1944) S. 151.
- [17] W. Werdenberg: Die Fernmelde- und Fernsteueranlage des Elektrizitätswerkes Winterthur. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 34 (1943) S. 381.
- [18] W. Henning: Entwicklung und heutiger Stand der Fernsteuer-technik. ETZ 64 (1943) S. 235.
- [19] W. Venzke: Über die Anwendung von Fernbedienungseinrichtungen nach dem AEG-Wählverfahren. AEG-Mitt. 1943, Nr. 1/4, S. 1.
- [20] K. Mann: Die Fernbedienungsanlage für die Stromversorgung der Hamburger S-Bahn. Elektr. Bahnen 18 (1942) S. 243.
- [21] H. Dewald: Die Fernsteuerung von Straßenbeleuchtung, Warmwasserbereitung und Sondereinrichtungen über Stromnetze. Z. Fernmeldetechn. 23 (1942) S. 86.
- [22] W. Langhein: Fernschaltung nach dem Eindrahtverfahren. Elektrizitätswirtsch. 41 (1942) S. 235.

Die Verbesserung des Kondensatordielektrikums durch Hochvakuumbehandlung und -tränkung

Von P. Hochhäusler, Honnef a. Rhein

DK 621.319.4

Übersicht. Es wird über Betriebserfahrungen mit einer Imprägnieranlage für Clophen-Kondensatoren berichtet, die mit einem Vakuum von 10^{-4} Torr arbeitet. Die auf diese Weise erstmalig erzielte Verbesserung des Kondensatordielektrikums wird durch Messungen der Durchschlagsfestigkeit und des Verlustfaktors nachgewiesen und gestattet eine wirtschaftlichere Apsnutzung des Dielektrikums. — Zum Schluß wird noch kurz auf die Vervollkommenung solcher Hochvakuumanlagen eingegangen.

1. Die Hochvakuum-Imprägnieranlage

Über die Hochvakuumbehandlung speziell von Clophen-kondensatoren ist vom Verfasser bereits an verschiedenen Stellen¹ berichtet worden. Dort sind vor allem die Einrichtungen beschrieben, die die Evakuierung von Papier-Kondensatorwickeln bei einem Druck von 10^{-4} Torr und damit die restlose Entfeuchtung und Entgasung des Dielektrikums gestatten. Daher soll hier auf die Geräte zur Erzeugung und Aufrechterhaltung des Hochvakuums nur soweit eingegangen werden, wie es für die Funktionsweise derartiger Anlagen von besonderer Bedeutung ist. Ferner soll über Betriebserfahrungen mit einer derartigen Hochvakuumanlage für größere Chargen berichtet werden.

a) Anforderungen an den Imprägnierbehälter. — Bei dem Imprägnierkessel, der in vorliegendem Falle einen Rauminhalt von $10,5 \text{ m}^3$ hat, ist vor allem auf größtmögliche Dichtigkeit großer Wert zu legen, um gegen Ende der Trocknung und Entgasung des Kondensatormaterials die noch auftretende Gasabgabe von etwaigen Undichtigkeiten mit Sicherheit unterscheiden zu können. Gibt man sich bei gefülltem Rezipienten im Endstadium der Entgasung bei angeschlossenen Diffusionspumpen mit einem Druck von einigen $10^{-4} \dots 1 \cdot 10^{-3}$ Torr zufrieden, so genügt es, wenn der leere, geheizte Kessel die Aufrechterhaltung eines um eine Zehnerpotenz niedrigeren Druckes gestattet, der im von den Pumpen abgeschlossenen Zustand in einigen Stunden einen Druckanstieg von nicht mehr als dem obigen Wert zeigt. Bei einer derartigen Prüfung des Rezipienten ist es allein schon schwierig, zwischen Undichtigkeiten und Gasabgabe aus den Wänden und Dichtungen in beheiztem Zustand zu unterscheiden, insbesondere wenn man in Betracht zieht, daß ein solcher Imprägnierkessel eine große Anzahl von lösbaren und nichtlösbaren Dichtungsstellen in Form von Flanschverbindungen und Schliffen oder Metall-Glasverschmelzungen erfordert. Der verwendete Behälter besitzt nicht weniger als 127 solcher Dichtungsstellen, wobei die Deckdichtung allein einen Durchmesser von rd. 3 m aufweist. Diese Dichtungen trennen den Hochvakuumraum von der äußeren Atmosphäre und von den unter Druck von mehreren Atmosphären stehenden, im Innern des Kessels untergebrachten Heißwasser-Heizschlangen aus Kupferrohr. An diese werden besonders hohe Anforderungen in bezug auf Dichtigkeit gestellt, zumal die Wassertemperatur der Heizschlangen 120°C und mehr beträgt. Hier kann als Dichtungsmaterial nur Perbunan oder besser Silicongummi verwendet werden.

Hat der Tränkkessel wie im vorliegenden Falle auch einen Heißwassermantel und arbeitet man mit Drücken, die in der Größenordnung von 10^{-4} Torr oder niedriger liegen, so ist u. U. die Wasserstoffdiffusion durch die eiserne Wandung des Kessels in den Hochvakuumraum zu beachten. Man kann solche Wasserstoffdiffusion durch eiserne Wände, wie sie z. B. auch beim wassergekühlten Quecksilber-Dampfgleichrichter bekannt ist, dadurch verhindern, daß man im Innern des Heizmantels der elektrischen Spannungsreihe entsprechend negativeres Material als Eisen einbringt. Bei dem beschriebenen Imprägnierkessel sind zu diesem Zwecke Zinkstäbe im Heizmantel untergebracht.

b) Die Wasserabscheidung bei hochgradiger Evakuierung. — Bei den bisher bekannten Imprägnieranlagen ist es üblich, den aus dem Papier der Kondensatorwickel entweichenden Wasserdampf durch eine im Zuge der Vakuumleitung liegende wassergekühlte Vorlage zu kondensieren. Eine solche Kondensation gelingt aber nur dann, wenn bei der herrschenden Kühlwassertemperatur und dem vorhandenen Luftdruck der Taupunkt erreicht wird. Sind an dem Rezipienten jedoch Pumpen angeschlossen, deren Sauggeschwindigkeit die Verdampfungs geschwindigkeit des Wassers bei weitem übertrifft, so daß auch zu Beginn der Evakuierung nach kurzer Zeit ein Druck von 1 Torr oder weniger im Rezipienten aufrecht erhalten werden kann, so tritt der Taupunkt bei normaler Kühlwassertemperatur von $+12^\circ\text{C}$ nicht ein. Wasser könnte in der Vorlage nur durch weitere Unterkühlung etwa mit Hilfe von CO_2 -Eis oder flüssiger Luft abgeschieden werden. Das ist bei technischen Anlagen zu unwirtschaftlich.

Die modernen Drehkolbenpumpen mit Gasballasteinrichtung² gestatten aber das Absaugen von Dämpfen durch die Pumpe hindurch, wenn man nur die Pumpe auf einer Temperatur hält, die Wasserdampf im Zylinderraum nicht kondensieren läßt. Wasser wird dann auf der Druckseite der Pumpe in einem besonderen Behälter abgeschieden, der nicht gekühlt zu sein braucht.

Der obige mit Kondensatoren beschickte Imprägnierbehälter kann mit zwei Drehkolbenpumpen, die zusammen eine Saugleistung von $300 \text{ m}^3/\text{h}$ haben, innerhalb 15...20 min auf einen Druck von 1 Torr evakuiert werden. Auf der Druckseite dieser beiden Pumpen befindet sich als besonderer luftgekühlter Behälter ein Wasserabscheider, in dem jedoch nur im Anfang des Evakuierens Wasser kondensiert, weil sowohl dieser Behälter als auch die Druckseite der beiden großen Drehkolbenpumpen mit einer dritten Pumpe, einer Drehschieberpumpe mit Gasballasteinrichtung, unter Vakuum gehalten werden (s. Bild 1). Die Druckseite dieser Pumpe steht über einen zweiten Wasserabscheider direkt mit der äußeren Atmosphäre in Verbindung. Hier kondensiert der größte Teil des Wassers, insbesondere wenn auch die Zwischenstufe einen Druck erreicht hat, für den der Taupunkt zu tief liegt.

¹ s. „Der Elektrotechniker“ 2 (1950) S. 297; ETZ 72 (1951) S. 281 u. S. 316.

² s. Jaeckel: Kleinste Drücke, S. 111. Springer Verlag.

Diese Anordnung verhindert mit Sicherheit die Kondensation von Wasser innerhalb der Pumpenräume, was eine Gefahr für Funktion und Lebensdauer der Pumpen bedeuten würde. Weiterhin hat sie den Vorteil größerer Förderleistung im Gebiet niedrigen Druckes. Die Gasballasteinrichtung für die beiden Hauptpumpen fehlt bei dieser Anordnung.

Mit Hilfe der beschriebenen Vorpumpenanlage ist es möglich, den größten Teil der anfallenden Wassermenge innerhalb 48 h aus den Kondensatorwickeln zu entfernen. Das sind pro 1000 kg Kondensatorpapier rd. 80 ... 100 l. Voraussetzung ist dabei, daß mit beginnender Evakuierung der Rezipient aufgeheizt wird, jedoch nicht früher, sonst besteht Oxydationsgefahr für die Metallteile der Kondensatoren und des Imprägnierkessels.

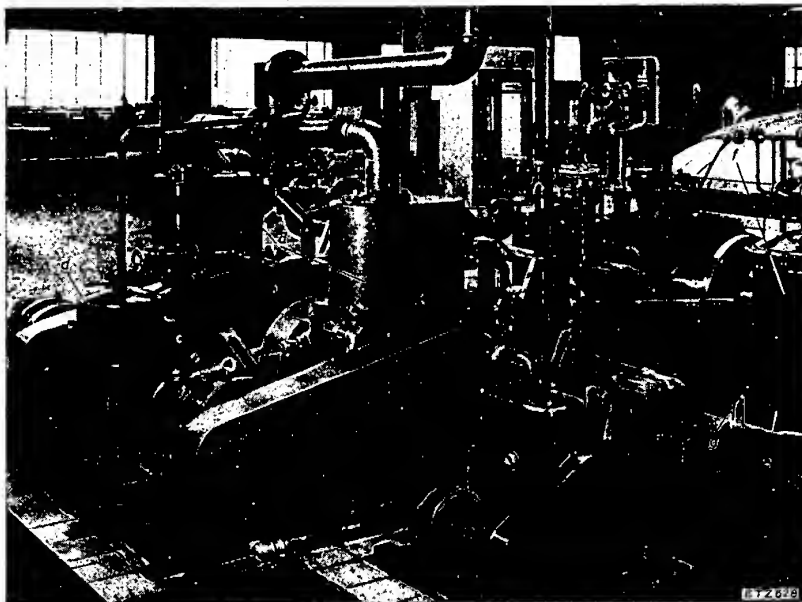


Bild 1. Gasballastpumpen mit Wasserabscheider auf der Druckseite; im Hintergrund die Diffusionspumpen (Werkaufnahme Lepper).

c) Die Entgasung unter Hochvakuum. — Ist der Druck im Rezipienten mit Hilfe der Drehkolbenpumpen auf den Wert von einigen zehntel Torr gesunken, so werden die Diffusionspumpen angeheizt und deren Ventile, die sie vom Rezipienten abschließen, geöffnet. Gleichzeitig werden die rotierenden Pumpen vakuumseitig vom Tränkkessel auf die Vorvakuumstutzen der Diffusionspumpen umgelegt. Solange diese bei noch hohem Vorvakuumdruck nur als Dampfstrahlpumpen arbeiten, ist ihre Saugleistung verhältnismäßig gering, der Druck im Rezipienten sinkt langsam bis auf einige 10^{-2} Torr. Im Gebiet von 10^{-1} ... 10^{-2} Torr treten die Diffusionsdüsen als solche in Tätigkeit, die der Pumpe die maximale Sauggeschwindigkeit in diesem Druckgebiet verleihen. Die hier vorliegende Anlage wird mit 2 Pumpen der Type OT 2500 der Fa. E. Leybold's Nachfolger, Köln, betrieben, die zusammen eine Saugleistung von $5 \text{ m}^3/\text{s}$ haben. Daher fällt bei dem $10,5 \text{ m}^3$ Inhalt fassenden Rezipienten der Druck von etwa $2 \cdot 10^{-2}$ Torr bis auf wenige 10^{-4} Torr in rd. 1 h, ein Druck, der nun bis zum Ende der Entfeuchtung und Entgasung und auch während des Tränkens der Kondensatoren dauernd aufrecht erhalten wird.

Sperrt man kurz nach der Inbetriebsetzung der Diffusionspumpen den Imprägnierkessel von diesen ab, so steigt der Druck im Kessel außerordentlich schnell an, bis sich schließlich der Partialdruck des Wasserdampfes einstellen würde. Mit Hilfe dieser Druckanstiegsprobe kann man von Zeit zu Zeit beurteilen, wie weit die Entfeuchtung und Entgasung fortgeschritten ist. Die Kondensatoren, die im Innern des Imprägnierbehälters auf den Heizschlangen stehen, haben sich inzwischen auf $100 \dots 110^\circ \text{C}$ aufgeheizt, was durch

im Innern der Kondensatoren angebrachte Widerstandsthermometer von außen durch Schreiber kontrolliert wird. Dank der großen Sauggeschwindigkeit der Diffusionspumpen ist die Wasserabgabe aus den Kondensatoren sehr bald beendet, was man am besten dadurch feststellt, daß kein Tropfen Wasser mehr aus dem unter Atmosphärendruck stehenden Abscheider der den Drehkolbenpumpen vorgeschalteten kleinen Gasballastpumpe austritt. Vorher hat eine Druckanstiegsprobe keinen Sinn.

Selbst wenn die Feuchtigkeit aus den Wickeln restlos entfernt ist, werden von diesen unter Hochvakuum noch große Mengen Gas abgegeben. Erst wenn der Druck bei von den Pumpen abgeschlossenem Rezipienten etwa so langsam ansteigt wie bei leerem geheiztem Kessel, kann man mit Sicherheit sagen, daß die Kondensatorwickel restlos entgast sind. Die Zeit des Druckanstieges von 10^{-4} ... 10^{-2} Torr beträgt in diesem Zustande etwa $1\frac{1}{2}$... 2 h. Das entspricht ungefähr einer Zeit von 8 ... 10 h bei kaltem Kessel. Die Gasabgabe des leeren Kessels rührt von den geheizten Wänden und den inneren Metallteilen her, der Rest kann auf Undichtigkeiten der lösbaren Flanschverbindungen und des Deckels zurückgeführt werden.

Was für die restlose Entfeuchtung und Entgasung der Kondensatorwickel gilt, trifft selbstverständlich auch für das Tränkmittel zu. In den angezogenen Arbeiten ist eine aus zwei Stufen bestehende Entgasungseinrichtung für Clophen beschrieben, die gestattet, das Tränkmittel in dem angeschlossenen ebenfalls mit einer Diffusionspumpe ausgerüsteten Vorratsbehälter auf einem Druck von mindestens 10^{-3} Torr zu halten. Da der Vorratskessel ständig beheizt ist, um das Tränkmittel, wie z. B. Clophen A 50, flüssig zu erhalten, stellt sich hier bei abgeschlossenem Kessel selbstverständlich der der Temperatur entsprechende Dampfdruck des Tränkmittels als Gesamtdruck ein.

d) Der Tränkvorgang. — Im Gegensatz zu anderen Imprägnieranlagen darf hier zum Einbringen des Tränkmittels in den Rezipienten der Vorratskessel nicht belüftet oder unter Atmosphärendruck gesetzt werden. Beide Kessel kommunizieren während des Tränkprozesses und verbleiben dauernd unter Hochvakuum. Das Tränkgut wird mit zwei Förderpumpen in den Rezipienten gepumpt und aus diesem nach der Tränkung in den Vorratskessel wieder zurückgepumpt. Um nicht unnötig große Mengen Tränkmittel befördern zu müssen und um den Vorratskessel im Vergleich zum Tränkkessel klein halten zu können, ist in letzterem eine verstellbare Auslaufspinne für das Tränkmittel vorgesehen, die es gestattet, die auf der oberen Heizschlange stehenden Kondensatorbehälter volllaufen zu lassen, während die darunter befindlichen geflutet werden.

e) Besonderheiten des Hochvakuum-Tränkverfahrens. — Das im vorliegenden Falle hauptsächlich verwendete Kondensatortränkmittel ist Diphenylpentachlorid (Clophen A 50). Daneben kann aber auch das Tetra- und das Trichlorid des Diphenyls verwendet werden. Um die erzielbaren hohen elektrischen Werte, von denen im zweiten Abschnitt die Rede sein wird, zu erhalten, ist es unbedingt erforderlich, die Clophene dauernd vor Verunreinigungen insbesondere durch Mineralöl zu schützen. Nun wurden bislang die hier verwendeten Diffusionspumpen vornehmlich mit Apiezonölen, Trikresylphosphat, Siliconölen oder anderen organischen Verbindungen von sehr niedrigem Dampfdruck betrieben. Das ist bei Tränkung von Kondensatoren mit Clophen unstatthaft, weil ein Zurückdiffundieren des Pumpentreibmittels in den Rezipienten nur durch umständliche, im Großbetrieb unwirtschaftliche Kühlfallen verhindert werden könnte.

Nun ist es ein glücklicher Umstand, daß die verwendeten Diffusionspumpen mit Fraktioniereinrichtung³ des Treibmittels (Booster) auch mit den obigen Diphenylchloriden betrieben werden können. Clophen als Treibmittel hat weiterhin den Vorteil, daß sich die maximale Sauggeschwindigkeit dieser Diffusionspumpen in das Gebiet von 10^{-1} ... 10^{-2} Torr verschiebt, in welchem gerade die Hauptgasmenge aus dem Kondensatormaterial anfällt.

Erst dadurch, daß man das Kondensatortränkmittel selbst als Pumpentreibmittel verwenden kann, ist es auch möglich, die gefluteten und von außen mit Clophen benetzten Kondensatoren unter Hochvakuum abzukochen, so daß sie den Rezipienten in trockenem Zustand verlassen können. Dank der hohen Verdampfungsgeschwindigkeit unter Hochvakuum benötigt man für diesen Vorgang nur wenige Minuten. Setzt man dies längere Zeit fort, so gewinnt man noch den weiteren Vorteil, den Clophenpiegel der gefluteten Kondensatoren auf jenes Maß zu senken, das bei geschlossenem Kondensatorbehälter wegen der Ausdehnung des Clophens im Betrieb erforderlich ist.

Die so von jeder anhaftenden Clophenmenge befreiten Kondensatorgehäuse können nunmehr ohne irgendwelche gesundheitsschädliche Einwirkung auf den damit Hantierenden geschlossen werden.

Das nach der Tränkung in großer Menge anfallende Clophen wird in den angeschlossenen Diffusionspumpen kondensiert. Ist der Clophenpiegel in den Pumpen bis zum Vorvakuum gestiegen, so sind diese vom Vorvakuum abgesperrt und hören auf zu arbeiten. Aber schon vorher läßt ihre Sauggeschwindigkeit erheblich nach, weil die Heizleistung der Diffusionspumpen nicht mehr ausreicht, die für deren ordnungsmäßigen Betrieb erforderliche Menge Clophen zu verdampfen. Die Clophen-Booster besitzen daher eine unter Vorvakuum stehende Überlaufeinrichtung mit angeschlossener Schleuse, die den Clophenpiegel in der Pumpe stets auf der erforderlichen Höhe hält, die nicht benötigte Menge ohne Betriebsstörung ausschleust und in den Clophen-Vorratsbehälter zurückführt. Auch die an diesem angeschlossene Treibdampfpumpe besitzt eine solche Überlauf- und Ausschleusvorrichtung für das überschüssige Tränkgut.

Das zur Tränkung verwendete Clophen A 50 ist nicht ganz frei von niedriger siedenden Bestandteilen, vornehmlich von Diphenyltetrachlorid (Clophen A 40). Demzufolge tritt bei dem oben beschriebenen Abdampfvorgang im Tränkkessel eine fraktionierte Destillation des Tränkgutes ein, so daß sich in den Pumpen Clophen A 40 anreichert, was den Vorteil der Verschiebung der maximalen Sauggeschwindigkeit in das oben genannte höhere Druckgebiet mit sich bringt. Zudem werden die Diffusionspumpen von vornherein mit Clophen A 40 beschickt.

Das soeben gesagte gilt analog auch für die Öltränkung von Kondensatoren, wenn man mit Hochvakuum unter Verwendung von Boostern arbeiten will. Diese werden dann einfach mit dem Kondensatoröl betrieben, wobei sich wieder der Vorteil der Ölfraktionierung dieser Pumpen herausstellt. Die bei niedrigerer Temperatur siedenden Bestandteile des Öls mit höherem Dampfdruck verdampfen in den Vorstufen der Diffusionspumpen, während das Öl mit niedrigstem Dampfdruck die Hauptdüse betreibt und das Hochvakuum erzeugt³.

2. Die elektrischen Werte unter Hochvakuum behandelter Clophen-Kondensatoren

a) Die Durchschlagsfestigkeit. — Durch die restlose Entfeuchtung und Entgasung des Kondensatoraktivums wird die Bildung von Ionisationskernen weitgehend verhindert, wodurch Momentan-Durchschlagsfestigkeiten bei 50 Hz-Wechselspannung erreicht werden, die beim clophengetränkten Papierdielektrikum einer Feldstärke von 156 kVeff./mm oder mehr entsprechen. Bei Gleichspannung sind Werte von 220 ... 260 kV/mm gemessen worden.

Um Vergleichswerte mit Messungen anderer Autoren zu haben, ist die in Bild 2 gezeichnete Zeitdurchschlagskurve a in der üblichen Weise bei 20 °C Zimmertemperatur an Ein-

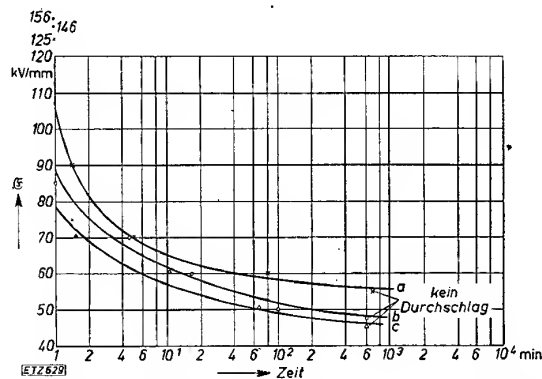


Bild 2. Durchschlagsfeldstärke des Clophen-Papier-Dielektrikums bei 50 Hz in Abhängigkeit von der Zeit der Beanspruchung bei verschiedenen Wickeltemperaturen: a) 20 °C, b) 65 °C, c) 85 °C. Übertemperatur beim Durchschlag 5 ... 6°.

zelwickeln aufgenommen worden. Eine solche Messung kommt selbstverständlich den wirklichen Betriebsverhältnissen hinsichtlich der Temperatur im Innern eines Kondensators, beispielsweise einer 100 kVA-Einheit keineswegs nahe. Um nun nicht bei jeder Einzelmessung eine große Kondensatoreinheit opfern zu müssen, aber doch die Betriebsverhältnisse nachahmen zu können, wurde eine größere Anzahl Wickelpakete in einem normalen Kondensatorbehälter von außen auf Betriebstemperaturen aufgeheizt, die im Höchstfalle im Innern der Wickel eines 100 kVA-Kondensators bei VDE-mäßiger Überbeanspruchung, d. i. 150 kVA, auftreten können. Die Kurven b und c in Bild 2 wurden auf diese Weise als Zeitdurchschlagswerte bei Temperaturen des die Wickel umgebenden Clophens von 65 bzw. 85 °C gemessen. In allen drei Fällen lag die Übertemperatur des gemessenen Wickels beim Durchschlag bei 5 ... 6°. Interessant ist, daß man die gleichen Werte erhält, wenn man alle übrigen Wickel dauernd unter Betriebsspannung hält. Selbst eine stundenlange Vorbelastung des Wickels bis nahe an den Grenzdurchschlagswert heran bringt noch fast den gleichen Zeitwert. Das ist erstaunlich und nur darauf zurückzuführen, daß unter dem Einfluß des elektrischen Feldes selbst bei hohem Gradienten keinerlei Veränderung des Clophen-Papier-Dielektrikums stattfindet. Der Verlustfaktor und die Temperatur des betreffenden Wickels steigen erst wenige Sekunden vor dem Durchschlag. Eine Gasentwicklung wie beim Öl-Papier-Dielektrikum ist selbst kurz vor dem Durchschlag nicht zu beobachten.

b) Der Verlustfaktor. — Mit der Hochvakuumbehandlung und -tränkung von Clophenkondensatoren erzielt man Verlustfaktoren, die bei Betriebstemperatur Werte von $\tan \delta = 2 \dots 2,5 \cdot 10^{-3}$ erreichen. Es sind aber auch schon Werte gemessen worden, die bei $1,7 \cdot 10^{-3}$ liegen. Diese Werte sind bei Kondensatoren mit Clophen-Papier-Dielektrikum hier erstmalig beobachtet worden und erreichen oder unterschreiten damit sogar die bei Öl-Papierkondensatoren gemessenen Werte. Nun liegt bekanntlich bei betriebsfrequenter Wechselspannung der Verlustfaktor umso höher, je größer die Dielektrizitätskonstante des Tränkmittels ist. Anzunehmen, daß diese Gesetzmäßigkeit durch die Hochvakuumbehandlung nicht mehr zuträfe, wäre irrig. Vielmehr wird man vermutlich bei unter Hochvakuum getränkten Ölkondensatoren noch erheblich unter die obigen Werte heruntorkommen.

Ob allerdings diese niedrigen $\tan \delta$ -Werte auch bei höheren Gradienten beim Öl-Papier-Dielektrikum erhalten bleiben, wie dies beim Clophen-Kondensator der Fall ist, ist zumindest fraglich und bedarf noch der näheren Untersuchung. Ich will mich hier auf das zur Verfügung stehende Material des Clophen-Papier-Dielektrikums beschränken. In den Grenzen zwischen 3 und 45 kV/mm ist bei konstanter Temperatur kein Ansteigen des Verlustfaktors zu beobachten. Man kann bei abgeglicherer Scheringbrücke den Kondensator in den obigen Grenzen beanspruchen, ohne daß das Vibrationsgalvanometer der Brücke ausschlägt. Auf den ab-

³ s. Jaeckel: Kleinste Drücke, S. 184, Springer-Verlag.

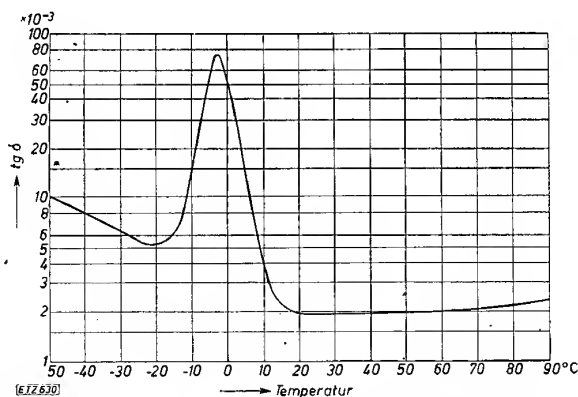


Bild 3. Verlustfaktor unter Hochvakuum getränkter Clophen-Kondensatoren bei 50 Hz in Abhängigkeit von der Wickeltemperatur.

solut konstanten Verlustfaktor auch bei hoher Feldstärke ist die geringe Erwärmung des Wickels kurz vor dem Durchschlag (s. Bild 2) zurückzuführen und damit der erreichbare hohe Grenzdurchschlagswert beim Clophen-Papier-Dielektrikum erklärt. Ob es sich dabei allerdings um einen reinen Wärmedurchschlag handelt, ist noch ungeklärt. Es hat nicht den Anschein, als ob das der Fall ist. Der Durchschlagskanal benötigt einige Sekunden zu seiner Entstehung. Kurz vorher ist keinerlei Erwärmung des Wickels und auch kein Ansteigen des Verlustfaktors zu beobachten, so daß die oben berichtete geringe Erwärmung von 5 ... 6° allein vom Konvektionsstrom im Durchschlagskanal herrühren muß. Der Durchschlag kann also nicht die Folge einer zusätzlichen spontanen Erwärmung sein.

Die Genauigkeit der Verlustfaktormessungen mit der Scheringbrücke wurde wegen der vielleicht möglichen Fehlerquellen durch eine kalorimetrische in folgender Weise kontrolliert. Es wurde in ein mit Clophen gefülltes Gefäß der gleichen Größe mit dem gleichen Anstrich wie der gemessene Kondensator ein ohmscher Widerstand eingebracht und diesem die mit der Scheringbrücke gemessene Verlustleistung des Kondensators zugeführt. Das Kondensator- und das Widerstandsgehäuse besaßen innen und außen Thermometertaschen. Die Gehäuse wurden so weit voneinander entfernt aufgestellt, daß sie sich nicht gegenseitig anstrahlten. Im Endzustand erreichten beide die gleiche Übertemperatur, womit die Richtigkeit der Brückenmessung gewährleistet ist.

c) Verlustfaktor und Kapazität des Clophenkondensators in Abhängigkeit von der Temperatur. — Clophen zeigt gegenüber Öl unterhalb seines Stockpunktes Besonderheiten im Verhalten von Verlustfaktor und Dielektrizitätskonstante, auf die wegen der betrieblichen Anforderungen an solche Kondensatoren hier näher eingegangen werden soll. Zunächst ist aus Bild 3 ersichtlich, daß der Verlustfaktor von 20 °C ab nur sehr langsam mit der Temperatur ansteigt. Darauf ist vermutlich auch der geringe Unterschied der Durchschlagswerte bei verschiedenen Temperaturen nach Bild 2 zurückzuführen. Der Kondensator sollte in seinen äußeren Abmessungen und bezüglich der Feldstärke, mit der sein Dielektrikum beansprucht

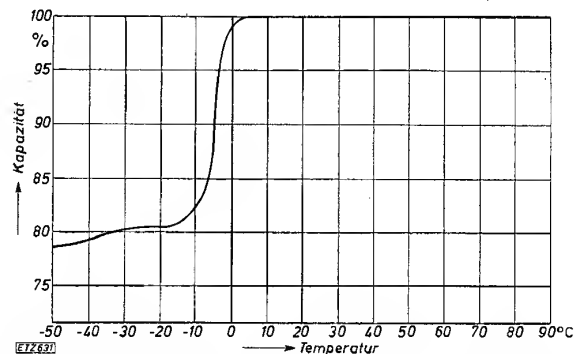


Bild 4. Temperaturabhängigkeit der Kapazität von Clophen-Kondensatoren.

ist, schon mit Rücksicht auf das Papier so bemessen sein, daß die Betriebstemperatur im Innern der Wickel 90 ... 100 °C nicht überschreitet.

Unterhalb + 20 °C (der Stockpunkt des Clophens A 50 liegt bei + 12 °C, der des Clophens A 40 bei - 5 °C) steigt jedoch der Verlustfaktor stark an und erreicht bei etwa 0 °C sein Maximum, das immerhin einige Prozent beträgt. Unterhalb - 12 °C liegen die Werte dann wieder unter 1%, wobei sich ein zweites Minimum bei etwa - 20 °C zeigt. Nun ist der Scheitel der Verlustfaktorkurve eine instabile Zone, die sich im Betriebe eines Kondensators niemals einstellt. Ist ein Kondensator zufällig auf diese Temperatur abgesunken, so erwärmt er sich wegen des hohen Verlustfaktors sehr schnell und nimmt Betriebstemperaturen an, bei denen der Verlustfaktor wieder normal ist und keine schädlichen Einwirkungen auf die Durchschlagsfestigkeit des Dielektrikums hat.

Bei fast der gleichen Temperatur, bei der das Maximum des Verlustfaktors auftritt, stellt sich ein plötzliches Absinken der Dielektrizitätskonstante ein, das die Kapazität des Kondensators auf etwa 80% des ursprünglichen Wertes herabsetzt. Innerhalb der noch praktisch vorkommenden Außentemperaturen ist dieser Wert dann konstant, wie aus der Kurve in Bild 4 zu ersehen ist.

Das Absinken der Kapazität bei tiefen Temperaturen macht sich bei dauernd eingeschalteten Wechselspannungskondensatoren nicht bemerkbar, weil das Dielektrikum diese Temperatur im Betriebe nicht erreicht. Werden jedoch beispielsweise Phasenschieber-Kondensatoren im Winter nachts abgeschaltet, so können kleine Einheiten mit geringer Wärmekapazität bei strenger Kälte auf 80% ihrer Nennleistung absinken. Nach Wiedereinschalten erwärmen sie sich aber dank der Zone mit hohem Verlustfaktor sehr schnell und erlangen so nach kurzer Zeit ihre volle Kapazität zurück.

Die gleichen Feststellungen bezüglich des Verhaltens von Verlustfaktor und Kapazität an Clophen-Kondensatoren macht auch R. E. Marbury⁴, nur liegen seine tgδ-Werte mehr als doppelt so hoch. In dem angezogenen Buche sind auf S. 18 und 19 auch Kurven dargestellt, aus denen hervorgeht, daß selbst stark unterkühlte Kondensatoren wenige Minuten nach dem Einschalten ihre volle Kapazität wiedererlangen. Selbst wenn sich diese Zeit bei hochvakuumgetränkten Clophen-Kondensatoren wegen des kleineren Verlustfaktors etwa um das Doppelte verlängert, so ist dies in der Praxis immer noch tragbar. Zuweilen ist solch ein Anlaßvorgang sogar erwünscht.

In dem angezogenen Buche von R. E. Marbury sind auf S. 15 auch die gemessenen Verlustfaktoren von Clophen-Kondensatoren bei höheren Frequenzen bis 1 MHz in Abhängigkeit von der Temperatur angegeben. Danach stellt sich bis 10 kHz keine Erhöhung des Verlustfaktors gegenüber 50 Hz ein. Lediglich das Maximum verschiebt sich mit steigender Frequenz in das Gebiet höherer Temperaturen, liegt aber bei 10 kHz wenig über 0 °C. Clophen-Kondensatoren eignen sich daher besonders auch für die Kompensation von Induktionsöfen.

d) Durchschlagsfestigkeit und Verlustfaktor in Abhängigkeit vom Grad der Entgasung. — Die mitgeteilten elektrischen Werte beziehen sich auf eine Evakuierzeit im Hochvakuum, die etwa der einer guten Tränkanlage ohne Diffusionspumpen entspricht. Während die Durchschlagsfestigkeit bei längerem Verbleiben der Kondensatorwickel im Hochvakuum nur noch wenig gesteigert werden kann, ist die Grenze des Absinkens des Verlustfaktors mit der Dauer der Evakuierung kaum anzugeben. Es wird eine Frage der Wirtschaftlichkeit in der Herstellung sein, wie weit man damit noch gehen kann. Hierauf wird jedoch zum Schluß noch näher eingegangen.

Der Leser wird bei den Durchschlags- und Verlustfaktormessungen Angaben über den Grad der Sinternage des verwendeten Papiers vermißt haben. Diese sind bewußt weggelassen worden, weil sich mit fortschreitender Entgasung das dichtere Papier dem weniger dichten immer mehr an-

⁴ Marbury: Power Capacitors. Mc. Graw-Hill Book Company, Inc. New York, Toronto, London 1949.

gleich, was insbesondere für den Verlustfaktor zutrifft. Die Durchschlagswerte der Papiere mit größter Dichte (Satinage A) liegen auch nur noch um wenig höher als die der Satinage C zum Beispiel, was in bezug auf die angewendete Betriebsfeldstärke nicht mehr von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Das starke Absinken des Verlustfaktors mit fortschreitender Entgasung deutet daher darauf hin, daß die Ionisierungswärme infolge molekularer Gaseinschlüsse einen wesentlichen Anteil der dielektrischen Verluste ausmacht. Den Rest bilden die Umladungsverluste und die infolge der elektrostatischen Kräfte entstehende mechanische Arbeit. Ableitungsverluste dagegen fallen nicht ins Gewicht, da bei hochvakuumgetränkten Clophen-Kondensatoren Isolationswerte gemessen werden, die einer Zeitkonstante $T = RC \geq 500\,000\ \Omega F$ entsprechen.

Die Verlustwärme hat indirekt natürlich auch einen Einfluß auf die Höhe der Durchschlagsfestigkeit, wie man aus Bild 2 ersieht. Der Grenzdurchschlagswert sinkt mit steigender Temperatur.

e) Die zulässige Betriebsfeldstärke des Dielektrikums. — Die Hochvakuumbehandlung des Clophen-Papier-Dielektrikums gestattet auf Grund der vorliegenden Messungen, Betriebsgradienten bei 50 Hz-Wechselspannung von 14 ... 16 kV/mm selbst bei Einheiten von 100 kVA zuzulassen. Daher werden die in 2a) und Bild 2 angegebenen Temperaturen im Innern der Wickel bei einer Außentemperatur von 20 °C selbst bei Kondensatorgefäßen ohne vergrößerte Oberfläche noch nicht erreicht. Bei diesen Feldstärken sind die z. Zt. noch gültigen VDE-Leitsätze 0560/1932 über die 1 min-Prüfung von Kondensatoren mit der 3fachen Wechselspannung oder mit $2U + 10$ bei Spannungen über 10 kV noch anwendbar. Bei der Stabilität des Clophen-Papier-Dielektrikums und im Hinblick darauf, daß bei sorgfältiger Herstellung Durchschlagswerte, die unter denen der Kurven in Bild 2 liegen, auch innerhalb der ersten Minuten nicht auftreten, ist es vertretbar, die Prüfbestimmungen zu mildern, um wenigstens für kleinere Einheiten noch höhere Betriebsgradienten zulassen zu können. Die Überspannungssicherheit ist dadurch gewährleistet, daß selbst nach vorangegangenen Überbelastungen mit Feldstärken, die knapp unter der Kurve c (Bild 2) liegen, noch der gleiche Verlauf der Zeitdurchschlagskurve gemessen wird.

Bei reiner Gleichspannungsbeanspruchung kann man auf mindestens die doppelte Feldstärke gehen.

Der Betriebsgradient der Mittelfrequenz-Kondensatoren bis 10 kHz (z. B. für Induktionsöfen) richtet sich nach der für die Wickel zulässigen Erwärmung und ist daher umso niedriger zu wählen, je höher die Frequenz ist (s. Abschn. 2c).

3. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Weiterentwicklung des Herstellungsverfahrens

Es fragt sich nun, ob der größere mit der Hochvakuumtränkung verbundene Aufwand gerechtfertigt ist. Wir haben gesehen, daß bei gleicher Herstellungszeit wesentlich bessere elektrische Daten erreichbar sind, die es gestatten, bei gleichem Materialaufwand und gleicher Betriebssicherheit zu größerer Kapazität zu gelangen. Dem stehen die Mehrkosten für die Investierung der Hochvakuumanlage entgegen, die z. Zt. etwa 30% gegenüber anderen Anlagen ausmachen, aber voraussichtlich durch Verbesserungen und Vereinfachungen noch gesenkt werden können.

Es ist oben angedeutet worden, daß bei noch längerem Verweilen der Wickel im Hochvakuum noch niedrigere Verlustfaktoren erzielt werden könnten. Das bedeutet bei gleicher Produktionskapazität einen höheren Aufwand an Investitionen durch Vergrößerung der Anlagen. Es lohnt sich da-

her, die technischen Möglichkeiten zur Verkürzung der Evakuierzeit zu diskutieren. Die Zeit, in der das aktive Kondensatormaterial unter einem Druck von 10^{-4} Torr verbleiben muß, läßt sich durch größere Saugleistung der Diffusionspumpen nicht abkürzen, denn das Gas diffundiert aus den enggepreßten Wickeln mit endlicher Geschwindigkeit in den Hochvakuumraum. Aus diesem Grunde ist es auch falsch, mit allzu breiten und langen Wickeln zu arbeiten. Man berücksichtigt dabei, daß die obigen Werte in Evakuierzeiten erreicht wurden, bei der die Druckdifferenz auf der Vorvakuumseite der Diffusionspumpen gegenüber dem Endvakuum der Vorpumpen immerhin noch einige 10^{-3} Torr betrug. Das heißt also, daß die Diffusionspumpen noch förderten vorausgesetzt, daß der Grad der Undichtigkeit der Anlage und des Gasens des beheizten Rezipienten selbst eine Zehnerpotenz tiefer liegt, was bei der vorhandenen Anlage der Fall ist.

Eine Erhöhung der Wickeltemperatur würde die Diffusionsgeschwindigkeit der Gase aus den Wickeln erhöhen und damit die Evakuierzeit abkürzen. Das verbietet sich jedoch, weil man das Natronzellulosepapier nur auf höchstens 110 °C aufheizen darf. Geringere Papierdichten (Satinage C) bringen einige Vorteile. Die Mittelfrequenz-Ausheizung der Kondensatoren durch Anlegen kleiner Wechselspannungen mittlerer Frequenz würde zwar eine schnellere Aufheizung der Wickel ermöglichen, was wegen der großen Wasserabgabe im Anfang nicht einmal erwünscht ist, übt aber unter Umständen auch nachteilige Wirkungen auf das nichtgetränkte Kondensatordielektrikum aus. Zudem wären in der Wandung des Imprägnierkessels zusätzlich eine größere Anzahl Stromdurchführungen anzubringen, falls die zu tränkenen Kondensatoreinheiten nicht sämtlich die gleiche Kapazität hätten. Die Mittelfrequenzanlage einschließlich der Regeldrosseln für verschiedene Kondensatorkapazitäten würden somit die Gesamtanlage nicht unerheblich verteuern.

Was aber versucht werden muß, ist die Abkürzung der Evakuierzeit in dem Druckgebiet von $10^0 \dots 10^{-1}$ Torr, in dem der größte Teil des Wasserdampfes anfällt. Da der Schöpfraum der Drehkolbenpumpen durch seine geometrischen Abmessungen bestimmt ist, haben die rotierenden Pumpen in diesem Druckgebiet keine höhere Saugleistung als bei Atmosphärendruck, während die Verdampfungsgeschwindigkeit aus den Wickeln bei entsprechend hoher Temperatur deren Sauleistung sogar übersteigen kann. In diesem Falle tritt ein Druckanstieg ein, der auch beobachtet wird.

Es besteht nun die Möglichkeit, durch die neu entwickelten Dampfstrahlsauger⁵ in diesem Druckgebiet eine höhere Sauggeschwindigkeit zu erreichen, womit unter Umständen einige Tage an Evakuierzeit erspart werden können. Die maximale Sauggeschwindigkeit dieser Pumpen läßt sich in dieses Druckgebiet verlegen, während sie imstande sind, gegen hohe Vorvakuumdrucke zu arbeiten. Solche Dampfstrahlpumpen⁶, wiederum mit dem Kondensatortränkmittel betrieben, werden gegenwärtig an der beschriebenen Anlage ausprobiert. Über den Erfolg wird zu einem späteren Zeitpunkt berichtet werden.

Da diese Pumpen einerseits auf der Druckseite kein erhebliches Vorvakuum benötigen und andererseits die Verlängerung der an sich kurzen Evakuierzeit bis 1 Torr auf etwa das doppelte keine Rolle spielt, käme man in Zukunft mit wesentlich kleineren und billigeren Gasballastpumpen aus, wodurch die Mehrkosten für die Dampfstrahlsauger ungefähr aufgehoben werden. Ferner besteht die Möglichkeit, eine einzige Grobvakuumpumpe wahlweise für mehrere Rezipienten zu verwenden, womit das Evakuieren bis zum Einsatz der Dampfstrahlpumpen in kurzer Zeit möglich ist.

⁵ Jaeckel (s. 5) S. 184.

⁶ Hersteller E. Leybold's Nachf. Köln.

RÜCKBLICK AUF DIE FORTSCHRITTE DER ELEKTROTECHNIK*

1. Hochspannungs- und Meßtechnik

Von E. Hueter, Darmstadt

DK 621.311 : 621.317

Der ständig wachsende Energiehunger, der in allen Industrieländern auftritt, hat die Probleme der Übertragung großer Leistungen über große Entfernungen stark in den Vordergrund gerückt. Eine europäische Verbundwirtschaft wird offensichtlich mehr und mehr notwendig. Infolgedessen sind erneut die Fragen nach der höchsten praktisch möglichen Betriebsspannung und nach der Stromart (Gleichstrom oder Drehstrom) eingehend behandelt worden.

Die Entfernungen werden voraussichtlich so groß sein, daß Drehstromübertragung noch möglich ist und eine eindeutige wirtschaftliche Überlegenheit des Gleichstroms (wenn man von gewissen Sonderfällen absieht) noch nicht vorliegt. Infolgedessen ruht das Schwergewicht der Arbeiten zur Zeit auf dem Gebiete der Drehstromübertragung mit 400 kV, wobei in einigen Fällen an die Verwendung von Hohlseilen, in den meisten allerdings an Bündelleiter gedacht wird. Mehrere Versuchsanlagen in Amerika, Frankreich, Schweden und der Schweiz sind fertiggestellt, in Deutschland ist eine solche in Bau [10]. Man ist sich darüber klar, daß klärende Vorversuche notwendig sind, da der Übergang von 220 auf 380 oder 400 kV doch einen ganz erheblichen Sprung darstellt, und insbesondere die Koronafrage von ganz ausschlaggebender Bedeutung sein wird. Mit diesen Fragen beschäftigten sich auch die beiden Hauptvorträge (Biermanns und von Mangoldt) auf der letzten Jahresversammlung des VDE [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11].

Im Transformatorenbau wurden weitere Fortschritte durch Verbesserung der Kernbleche sowohl hinsichtlich der Verluste wie auch der Permeabilität und durch Verbesserung der Isolation erzielt, was bei gegebener Leistung Raum- und Gewichtseinsparung bedeutet [12, 13, 14, 15]. Besondere Beachtung fanden die Probleme der Stoßprüfung von Transformatoren, insbesondere der Ermittlung etwa hierbei aufgetretener Durchschläge [16]. Einen zusammenfassenden Bericht bringt Flegler [17].

Eingehende Untersuchungen wurden über organische Isolierstoffe im allgemeinen [18] und speziell über die Papierfaser durchgeführt [17], [19] und [20].

Eine Hartpapierkondensator-Durchführung für 400 kV und die mit einem so großen Stück verbundenen Probleme wie Erosion durch Entladungen an den Belegändern, Wärmekippen, Einflüsse von Feuchtigkeit und Temperatur usw. untersuchte Kappeler [21]. Harze als Bindemittel für Stoßfugen von Porzellanisolatoren wurden von Datten [22] untersucht. Wie man Glasisolatoren durch entsprechende Wärmebehandlung noch weiter verbessern kann, zeigte Johnston [23]. So konnte die Zugfestigkeit durch Vergütung auf das 7fache und die elektrische Stoßfestigkeit auf das 3fache gesteigert werden. Lichtbogen-Schutzarmaturen besonderer Form für ein 110 kV-Netz wurden von A. Roggendorf beschrieben [24].

Das wegen seiner vorzüglichen Eigenschaften in der Gleichstrom-Meßtechnik herrschende Drehspulgerät wurde durch die Entwicklung neuer Magnetlegierungen weiter verbessert. So brachten die Legierungen Alni 250 und 400 eine Steigerung der Koerzitivkraft auf mehr als das zehnfache und damit eine Verkürzung der Magnetlänge. Dadurch wurde es möglich, vom Außenmagnet- zum Kernmagnetsystem überzugehen [25, 26, 27, 28, 29, 31, 42]. Die Kernmagnetsysteme, im Kriege für Sonderzwecke entwickelt, sind infolgedessen sehr stark vorgedrungen. Es gelang ferner, die bisher vom VDE vorgesehene größte Klassengenauigkeit von 0,2% auf 0,1 % zu verbessern und die Fremdfeldbeeinflussung herabzudrücken. Auch fand durch die Entwicklung der neuen Magnetstähle das aus der Anfangszeit

der Elektrotechnik bekannte Drehmagnet-Meßwerk seine Wiederauferstehung und zwar in einem robusten und einfach herzustellenden Gerät. An die Stelle der Magnetnadel ist eine dünne Scheibe getreten. Wenn auch nach wie vor das Drehmagnetsystem dem Drehspulsystem in mancherlei Beziehung unterlegen ist, so findet es doch für Betriebsgeräte vielversprechende Anwendung. Es werden nicht nur Strommesser, sondern auch Quotientengeräte als Drehmagnetsysteme gebaut. An die Stelle des Richtmagneten tritt dann eine zweite Spule. Auch das Kernmagnetsystem ist für den Bau eines Quotientengerätes herangezogen worden [30]. Einen weiteren Fortschritt im Meßgerätebau brachte die Verbesserung der Spannbandaufhängung, die sich gegenüber der Spitzenlagerung in steigendem Maße durchsetzt. Auch hier geht man einen an sich seit langem bekannten Weg, gaben doch schon Deprez und D'Arsonval ihrem ersten Drehspulinstrument eine Spannbandaufhängung.

Gewissermaßen als ein Nebenprodukt bei der Entwicklung von Kontaktumformern entstand ein Kontaktumformer für Meßzwecke mit genau regelbarer Kontaktdauer und -phase, der Vektormesser. In zahlreichen Aufsätzen [32, 33, 34, 35, 36, 37, 38] zeigte F. Koppelman die universelle Anwendbarkeit dieses Präzisionsinstruments für die verschiedensten Aufgaben der Wechselstromtechnik.

Verbesserungen und Vereinfachungen der Zählerlager steigerten Leistungsfähigkeit und Genauigkeit [39, 40, 41]. Auch wurden die Zählereichmethoden durch lichtelektrische Abtastung vereinfacht bei wesentlich verkleinertem Zeitbedarf [27, 43, 44].

Gänger entwickelte ein neuartiges Hochspannungsvoltmeter für Absolutmessungen [45], ferner Greinacher und Laporte weitere statische Spannungsmesser [46] und [47]. Die altbekannte Möglichkeit, die Leistung mit einem Quadrantelektrometer zu messen, wurde wieder angewendet.

Für Regelzwecke benötigt man vielfach Kontaktgabe an Meßgeräten ohne Rückwirkung auf das System. Nachdem Sell für diese Zwecke ein Düsenbolometer konstruiert hat [48], wurde neuerdings die Wärmestrahlung in einer Bolometeranordnung zur Kontaktgabe herangezogen [49]. Auch die lichtelektrische Abtastung wurde angewandt [25].

Die Verbesserung der Heißeiterlegierungen brachte Werkstoffe mit sehr hohem Temperaturkoeffizienten, wodurch die Empfindlichkeit in Strahlungsmeßgeräten erheblich gesteigert wurde. Leslie und Wait entwickelten ein Gerät zum Auffinden von Übertemperaturen an Klemmstellen u. dgl. bei Freileitungen mit Hilfe des Bolometers [50].

Schrifttum

- [1] ETZ 70 (1949) S. 457.
- [2] ETZ 71 (1950) S. 453.
- [3] ETZ 70 (1949) S. 241.
- [4] ETZ 70 (1949) S. 519.
- [5] ETZ 70 (1949) S. 415.
- [6] ETZ 71 (1950) S. 247.
- [7] ETZ 71 (1950) S. 455.
- [8] ETZ 71 (1950) S. 462.
- [9] Diskussion zu [7] und [8]: ETZ 71 (1950) S. 470 u. 688.
- [10] AEU 2 (1948) S. 272 u. AEU 3 (1949) S. 329.
- [11] ETZ 71 (1950) S. 41.
- [12] ETZ 71 (1950) S. 122.
- [13] ETZ 70 (1949) S. 269.
- [14] ETZ 70 (1949) S. 217.
- [15] ETZ 70 (1949) S. 522.
- [16] ETZ 70 (1949) S. 294.
- [17] ETZ 71 (1950) S. 660.
- [18] ETZ 70 (1949) S. 285.
- [19] ETZ 70 (1949) S. 360.
- [20] Frequenz 4 (1950) S. 167.
- [21] ETZ 71 (1950) S. 47.
- [22] ETZ 71 (1950) S. 122.
- [23] ETZ 71 (1950) S. 435.
- [24] ETZ 70 (1949) S. 370.
- [25] ETZ 71 (1950) S. 35.
- [26] Elektrotechnik, Bin., 4 (1950) S. 109.
- [27] ETZ 70 (1949) S. 457.
- [28] ETZ 71 (1950) S. 453.
- [29] Arch. techn. Messen J 720—1 (Sept. 1950).
- [30] Arch. techn. Messen J 721—9 (Juni 1948).
- [31] ETZ 71 (1950) S. 85.
- [32] VDE-Fachber. 12 (1948) S. 143.
- [33] ETZ 70 (1949) S. 61.
- [34] ETZ 70 (1949) S. 60.
- [35] Frequenz 2 (1948) S. 100.
- [36] ETZ 70 (1949) S. 125.
- [37] ETZ 70 (1949) S. 463.
- [38] ETZ 71 (1950) S. 592.
- [39] F. Koppelman: Die Meßtechnik des mechanischen Präzisionsgleichrichters (Vektormesser). Selbstverlag der AEG 1948.
- [40] ETZ 71 (1950) S. 729.
- [41] ETZ 70 (1949) S. 496.
- [42] Arch. techn. Messen J 752—12 (Sept. 1950).
- [43] Siemens-Z. 25 (1951) S. 16.
- [44] Electr. Engng. 69 (1950) S. 50 u. 116.
- [45] Proc. Instn. electr. Engrs. 97 II (1950) S. 97.
- [46] ETZ 71 (1950) S. 70.
- [47] ETZ 71 (1950) S. 120.
- [48] ETZ 71 (1950) S. 95.
- [49] Arch. techn. Messen J 20—1 (Sept. 1950).
- [50] ETZ 71 (1950) S. 275.
- [51] ETZ 71 (1950) S. 173.

* Die ETZ-Schriftleitung will mit dieser Berichtsreihe den früheren Brauch wieder aufgreifen, jährlich zur VDE-Tagung aus der Feder bekannter Fachleute einen kurzen Überblick über die Weiterentwicklung auf den verschiedenen Gebieten der Elektrotechnik zu geben. In diesem Heft wird im wesentlichen über die Jahre 1949 und 1950 berichtet.

Die Schriftleitung.

2. Kraftwerke, Schaltanlagen und Leitungen

Von Fr. Stiegler, Dortmund

DK 621.311 : 621.315 : 621.316

Die steigenden Kohlenpreise haben dem Streben nach einer größeren Wirtschaftlichkeit des Energieumsatzes Kohle — Strom besonderen Nachdruck verliehen. Man sucht dieses Ziel außer durch eine Verbesserung des Wirkungsgrades der Kessel, Turbinen und Hilfseinrichtungen durch ein größeres Wärmegefälle des Arbeitsdampfes zu erreichen: Da aber die Erhöhung der Dampfüberhitzung auf über 525 °C den Einsatz austenitischer Stähle erfordert, die außerordentlich teuer sind und die Herstellung der Schweißverbindungen erschweren, wird die Zwischenüberhitzung des Dampfes bevorzugt.

Um die Leistung gut regeln zu können, wird dabei das Wärmegefälle auf 2 getrennte Maschinensätze, eine Vorschaltmaschine und eine Nachschalt-Kondensationsmaschine, aufgeteilt. Die Wärmeaufnahme bei der Zwischenüberhitzung läßt sich steigern, wenn der Frischdampfdruck erhöht wird. So konnte im Gemeinschaftswerk Hattingen bei einem Kesselbetriebsdruck von 145 atü und 510 °C Überhitzung durch die Zwischenüberhitzung ein Wärmegefälle erreicht werden, das einem Dampfzustand von 145 atü und 630 °C ohne Zwischenüberhitzung entspricht. Hand in Hand mit der Vergrößerung der Kesselleistung geht das Bestreben, die Feuer-raum-Querschnittsbelastung zu erhöhen.

Da mit der Verwendung des Hochdruckdampfes die Gefahr wächst, daß die Turbinen versalzen, werden an die Reinheit des Dampfes sehr hohe Anforderungen gestellt. Man wendet daher einer einwandfreien Abdichtung der Kondensatorrohre und einem hochwertigen Zusatzdestillat der Verdampfer sein besonderes Augenmerk zu.

Die Baukosten sollen dadurch gesenkt werden, daß man große Kessel- und Turbineneinheiten wählt und diese Anlageteile zu einem Block zusammenschaltet. Der Zwangsdurchlaufkessel gewinnt immer mehr an Bedeutung. Im Betrieb hat er u. a. den großen Vorzug, daß einzelne Rohre in wenigen Stunden während der Nacht ausgewechselt werden können, was bei den großen Durchmessern der Siederohre von Trommelkesseln nicht möglich ist. Die verschiedenen Ausführungsformen der mechanischen Rauchgasentstauber werden in mehreren Werken sowohl für Wanderrast als auch für Staubfeuerung praktisch erprobt. Die Armaturen werden in zunehmendem Maße in die Rohrleitungen eingeschweißt. Darüber hinaus wird neuerdings auch bei der Konstruktion der Armaturenkörper selbst von der Schweißtechnik weitgehend Gebrauch gemacht.

Der Aufbau der Hochspannungs-Schaltanlagen hat in den letzten Jahren einen gewissen Abschluß erreicht. Bei Spannungen bis 30 kV wird im allgemeinen der Innenraum-Bauweise der Vorzug gegeben; bei höheren Spannungen beherrscht die Freiluft-Bauweise das Feld, es sei denn, daß aus besonderen örtlichen und klimatischen Verhältnissen die Innenraum-Bauweise zweckmäßiger erscheint. Bei Anlagen unter 30 kV ist man von der mehrgeschossigen Bauweise, bei der die Sammelschiene in einem besonderen oberen Geschloß untergebracht ist, abgegangen. Schalter und Sammelschiene werden in ein Eisengerüst eingebaut, das frei in den Raum gestellt wird, wobei die einzelnen Felder durch Isolier-Zwischenwände voneinander getrennt sind.

In neuerer Zeit gewinnt — ausgehend von Amerika — die fabrikfertige stahlblechgekapselte Schrankanlage, besonders für Freiluftaufstellung, immer mehr an Interesse¹. Sie bietet nicht nur bei kleineren Ortsnetzstationen, sondern auch bei größeren Anlagen wirtschaftliche Vorteile, vor allem wenn spätere Erweiterungen beabsichtigt sind, für die das Gebäude von vornherein bemessen werden müßte.

Zur Zeit werden derartige stahlblechgekapselte Schrankanlagen für Betriebsspannungen bis zu 20 kV gebaut. Sie werden im Werk mit Hoch- und Niederspannungsgeräten ausgerüstet und fertiggestellt, so daß sie dann am Aufstellort nur noch zellenweise zu verbinden und an die Kabel an-

zuschließen sind. Die Bewährung dieser Bauweise hängt wesentlich von der Güte des Rostschutzes und der Tropfwassersicherheit ab; doch kann diese Frage als gelöst gelten, da man mit den Schaltschränken der Freiluftanlagen in dieser Beziehung genügend Erfahrungen gesammelt hat.

Bei Leistungsschaltern aller Spannungen wird das Öl immer mehr verdrängt. Der ölarme und der Druckluftschalter sind die beiden Ausführungsarten, die in Deutschland fast ausschließlich verwandt werden. Mit dem Prinzip der Mehrfach-Unterbrechung lassen sich durch einfache Vermehrung der Schaltkammern und eine Verlängerung der Stützisolatoren einwandfreie Schalter für hohe Spannungen bauen. Dabei wird auf den außen eingebauten Reihentrennschalter verzichtet. Auf kürzeste Stromunterbrechungen wird mit Rücksicht auf die Kurzschluß-Fortschaltung, die sich auch in Deutschland immer mehr einführt, besonderer Wert gelegt.

Ein Versuch, den großen Flächenbedarf der Freiluftanlagen hoher Spannungen auch bei der Flachbauweise herunterzudrücken, gab Anlaß zur Entwicklung eines sogenannten Einpunkt-Scheren-Trennschalters, bei dem der Raumbedarf so weit verringert worden ist, daß der Schalter im Grundriß nur noch den Platz eines Stützisolators beansprucht. Das scherenförmig ausgebildete Trennmesser stellt die Verbindung her zwischen der Sammelschiene, die auf dem Trennschalter aufliegt, und der sie kreuzenden Leitung zum Leistungsschalter.

Die Vorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen VDE 0210 sind überarbeitet worden und tragen den Erfahrungen Rechnung, die es bei Eisenbahn-, Wasserstraßen- und Postkreuzungen geraten sein ließen, die zulässige Zugspannung der Leitungen zu erhöhen. Bei Straßen- und sonstigen Kreuzungen wird der Einbau verstärkter Tragmasten nicht mehr gefordert. Zur Eisenersparnis und damit zur besseren Wirtschaftlichkeit trägt wesentlich bei, daß die zulässige Beanspruchung der Gittermaste bei Verdrehung heraufgesetzt und die Knickzahlen geändert worden sind.

Der Vollkernisolator setzt sich gegenüber dem Kappenisolator immer mehr durch, soweit nicht dem Langstabilisolator der Vorzug gegeben wird. Der Langstabilisolator scheint sich auch bei Verschmutzung zu bewähren.

Für den Betrieb von Nieder- und Mittelspannungsnetzen gewinnt die Tonfrequenzsteuerung erhöhte Bedeutung, mit deren Hilfe sowohl die Belastung einzelner Abnehmer als auch ganzer Abnehmergruppen, zum Beispiel der Straßenbeleuchtung, beliebig gesteuert werden kann. Sie hat hauptsächlich in der Schweiz Eingang gefunden, wo in Zeiten geringer Wasserdarbietung eine straffe Steuerung und Rationierung des Verbrauchs seit jeher notwendig war.

Zur Entlastung des Mittelspannungsnetzes und zur Verbesserung der Spannungshaltung werden zunehmend Kondensatoren eingebaut. In Schweden ist jetzt die erste 220 kV-Reihen-kondensatoranlage in Betrieb genommen worden². Man mißt diesen Reihen-kondensatoren große Bedeutung bei, da durch sie die Übertragungsleistung in besonders wirtschaftlicher Weise gesteigert werden kann.

Durch die beabsichtigte Eingliederung des deutschen in ein übergeordnetes europäisches Verbundnetz rückt der Zeitpunkt näher, an dem von 220 auf 400 kV übergegangen werden muß. Dabei sind zahlreiche Probleme³ endgültig zu lösen, die bereits früher die deutschen Firmen beschäftigt haben. Von großer Bedeutung für den Betrieb des 400 kV-Netzes ist die Sternpunktfrage⁴. Es hat den Anschein, als ob bei 400 kV von der induktiven Erdung des Sternpunktes über Petersen-Spulen abgegangen werden muß, da die Korona-Verluste den Reststrom insbesondere bei schlechtem

¹ Reihen-kondensatoren und Bündelleiter im schwedischen Großkraftnetz. (Nach A. Rusck und B. Rathsmann: Rapport zur AJEE-Tagung August 1949 in San Francisco). ETZ 71 (1950) S. 497.

² J. Biemanns: Technische Probleme der 400 kV-Drehstromübertragung. ETZ 71 (1950) S. 455.

³ W. v. Mangoldt: Gedanken zur Sternpunktbehandlung bei 380 kV-Drehstromübertragung. ETZ 71 (1950) S. 462.

⁴ G. Meiners: Über Fragen des heutigen Schaltanlagenbaues. AEG-Mitt. 4 (1951) H. 4/2.

Weiter derart anwachsen lassen, daß eine einwandfreie Erdschlußlöschung nicht mehr gewährleistet ist.

Wenn im Vorstehenden auch nicht über grundlegende Neuerungen von weittragender Bedeutung berichtet werden

konnte, so ist doch festzustellen, daß in zielbewußter Arbeit mancherlei Fortschritte erzielt worden sind, die zur größeren Sicherheit und besseren Wirtschaftlichkeit der Stromversorgung beitragen.

3. Elektrische Maschinen, Transformatoren, Stromrichter

Von F. Stier, Karlsruhe

DK 621.313/314

Im Transformatorenbau nimmt der Bau von Leistungstransformatoren für unsere weitverzweigten Stromverteilungsnetze die erste Stelle ein. In Europa hat sich der Dreiphasen-Kerntransformator mit der einfachen, kurzschlußsicheren Röhrenwicklung seit langem durchgesetzt. Der ebene Aufbau des Großleistungstransformators für Hochspannung wird gestört durch die mit steigender Leistung und Spannung anwachsende relative Streuspannung und die durch die Qualität der bisher zur Verfügung stehenden Bleche bedingte Grenze für die Kerninduktion von 15 000 G. Zwei hoffnungsvolle Entwicklungen scheinen geeignet, diese Schwierigkeiten zu vermindern: einmal die von der Firma BBC angewendete sog. Kabelisolierung [1], die auf die Ölkä-näle zwischen Nieder- und Oberspannungswicklung verzichtet, so die Streuung wesentlich herabsetzt und damit den Übergang von der einfachen Röhrenwicklung auf die doppelt konzentrische Röhrenwicklung in das Gebiet der höheren Leistungen und Spannungen verschiebt, und die endlich, falls sich die Doppelröhrenwicklung nicht mehr vermeiden läßt, weniger Wicklungsraum beansprucht; zum anderen die Einführung der im Kaltwalzverfahren hergestellten Hyper-silbleche [2], die eine wesentlich höhere Permeabilität und geringere Eisenverluste besitzen, und die so eine Steigerung der Kerninduktion auf rd. 17 000 G erlauben. Bei der Verwendung dieser Bleche muß allerdings bedacht werden, daß sie eine Vorzugsrichtung besitzen und so den Konstrukteur zur Vermeidung der magnetischen Beanspruchung quer zur Walzrichtung vor neue Aufgaben stellen, zumal das neue Blech auch in der Fabrikation besonders behandelt werden muß. Diese neuen Bleche haben sogar die Firma ACEC veranlaßt, bei größeren Transformatorleistungen zum Manteltransformator [2] überzugehen, eine Konstruktion, die unter anderen Bedingungen vor vielen Jahren von SSW aufgegeben wurde. Für den Bau einphasiger Höchstspannungstransformatoren großer Leistung dürfte der von BBC gebaute Transformator mit Radialkern (eignet sich auch für stufenlos regelbare Löschspulen), der neben anderen Vorzügen eine geringe Jochhöhe aufweist, eine günstige Lösung darstellen [1]. Der Magnetisierungsstrom wird jedoch infolge der Stoßfugen größer als bei verschachtelten Transformatoren, und die Herstellung (z. B. das Anschweißen der Bleche an die Stirnplatte) verlangt eine sehr sorgfältige Werkstattarbeit. Die Methoden zur Auffindung von bei der Stoßprüfung entstandenen Fehlern [3] sind ebenfalls verbessert worden, so daß in einigen Jahren mit einer allgemeinen Einführung dieser Prüfung zu rechnen ist. Zu erwähnen wären auch noch neue Bergwerkstransformatoren mit Luftumlaufkühlung (SSW, Bergbau-Ausstellung Essen 1950), die Verbesserung der Sprunglastschalter durch Unterteilung der Kontakte und erzwungene Stromteilung (SSW) und ein neuer Schweißtransformator für 100 Hz und symmetrische Netzbelastung (AEG) [4].

Im Turbogeneratorenbau ist die europäische Praxis im Begriff, den Vorsprung der USA allmählich einzuholen. Der Wasserstoff ist infolge seiner geringen Gasreibungsverluste und infolge seiner hohen Kühlwertigkeit, zumal er auch die Auswirkungen des Glimmens mildert, ein geradezu ideales Kühlmedium, insbesondere für die schnelllaufenden Grenzleistungsmaschinen, bei denen früher die Luftreibungsverluste einen großen Anteil an den Gesamtverlusten ausmachten, und bei denen ja auch die Wärmeabfuhr zum Problem geworden ist. Es ist also verständlich, daß man die druckfeste Ausführung des Gehäuses, die notwendigen Abdichtungen und die Überwachung des Wasserstoffgehaltes (98%) während des Betriebes in Kauf nimmt. BBC und SSW haben eine große Anzahl von wasserstoffgekühlten Turbogenera-

toren für 3000 U/min im Bau bis zu einer Nennleistung von 145 MVA. Die Grenzleistung liegt etwa bei 200 MVA. Neue Kühlmethode befinden sich wieder im Entwicklungsstadium, so die Wasserkühlung von Turborotoren [5] und die Ölkühlung von Turbostatoren (Fechheimer) und als das Neueste die Dampfkühlung der ganzen Maschine [6].

Die Wasserkraftgeneratoren großer Leistung, deren Polräder früher vielfach noch aus Stahlguß ausgeführt wurden, werden nun allgemein für größere Durchmesser (>4,8 m) als Blechkettenläufer hergestellt. Diese Blechketten bestehen aus 2...6 mm starken Stahlblechsegmenten, die sich über einige Pole erstrecken und miteinander verschraubt sind. Die Blechkette bildet einen geschlossenen, die entstehenden Fliehkräfte aufnehmenden Ring, der mit mehr oder weniger Vorspannung auf dem Armstern aufliegt und dort durch Keile geführt wird [7]. Die zulässigen mechanischen Beanspruchungen konnten erhöht werden [8].

Von den Induktionsmotoren ist zu berichten, daß, abgesehen von Sonderfällen, die langsam laufenden Induktionsmotoren infolge ihres schlechten Leistungsfaktors zum Aussterben verurteilt sind und durch die selbstanlaufenden Synchronmotoren ersetzt werden.

Eine neue Verwendung fand die Induktionsmaschine als polumschaltbarer selbsterregter Generator (mit Kondensatoren) im sog. Gyrobus, der die kinetische Energie eines Kreisel in elektrische Energie umformt, wobei nach etwa 10 min Fahrt der mit der Induktionsmaschine gekuppelte Kreisel an Drehstrom-Anschlußstellen wieder hochgefahren werden muß [9].

Auf dem Gebiete der Gleichstrommaschinen ist wohl als größter Erfolg der Nachkriegszeit die allmähliche Einführung der Zweifach-Schleifenwicklung zu verzeichnen. Diese Entwicklung wurde bereits im Kriege durch Dr. Tretin, SSW, eingeleitet, sie führte zu einer Verdoppelung der Grenzleistung der Gleichstrommaschine. Immer mehr kommen die Verstärkermaschinen zur Verwendung. Mit ihrer Hilfe soll eine möglichst kleine Steuerleistung erreicht werden, die die Anwendung von Differenzschaltungen und kleinster selbsttätiger Regler oder Handregler ermöglichen. Bereits während des Krieges wurde die Quersfeldmaschine von Rosenberg, jedoch mit Kompensationswicklung im Ausgangskreis, unter dem Namen Amplidyne verwendet. Dann erschien vor allem im ausländischen Schrifttum die bekannte Krämermaschine, die zur Regelung irgendeiner Größe mit dem Namen Rototrol eingesetzt wurde. Eine neue Art von Verstärkermaschinen, die in Deutschland von O. Schmutz, in den USA von der Firma Westinghouse [10] angegeben wurde, besteht in einer an sich normalen, mindestens 4poligen Gleichstrommaschine mit Schleifenwicklung ohne Ausgleichsleitung, bei der durch die Erregung der ersten Stufe, eine Spannungsdifferenz zwischen den gleichnamigen Bürsten erzeugt und für die Erregung der zweiten Stufe verwendet wird. Amplidyne und das zweistufige Rototrol ermöglichen große Verstärkung bei kleiner Verzögerung.

Beim Einphasenbahnmotor, der neuerdings in verschiedenen Versuchsausführungen wieder für 50 Hz hergestellt wird, wurde von P. Müller und von der Firma Oerlikon ebenfalls die Zweifachschleifenwicklung verwendet. Das Wesentliche über die Bemessung ist in der Literatur nicht zu finden. Gegenüber dem Motor mit einfacher Schleifenwicklung muß die Überdeckung vergrößert, die Transformatorspannung zwischen zwei Lamellen herabgesetzt und die Lamellenteilung verkleinert werden, wenn man Rückschläge vermeiden will. Es ist bedenklich, wenn die Weiterentwicklung nur auf den Prüffeldergebnissen und einer einzelnen

Versuchslokomotive basieren soll. Die maximale Kommutatorumfangsgeschwindigkeit sollte 50 m/s nicht übersteigen.

Der Bau von Drehstrom-Kommutatormaschinen, der in Deutschland rund 5 Jahre unterbrochen worden ist, setzt wieder ein, wobei der läufergespeiste Drehstrom-Nebenschlußmotor am häufigsten vertreten ist (auch in den USA bemerkt man Anzeichen für die Aufnahme der Fabrikation von Drehstrom-Kommutatormaschinen).

Der statische Starkstromkondensator wird als Erzeuger induktiver Blindleistung immer mehr angewendet, nicht zuletzt wegen seiner Anspruchslosigkeit, seiner geringen Verluste ($1/2\%$ der Nennleistung) und seines niedrigen Preises (ab 380 V und ab 5 kVA rd. 40.—DM/kVA).

Die Entwicklung der Kondensatoren ist noch nicht ganz einheitlich. Es scheint jedoch, daß nach der anfänglichen Erhöhung der Leistung pro Kondensatoreinheit eine rückläufige Bewegung zum Einheitskondensator kleiner Leistung einsetzt, SSW, AEG u. a. m. Die SSW, die diesen Weg gewiesen haben, bauen eine größte Einheitsleistung von 50 kVA für eine höchste Spannung Wickel gegen Kästen von 6 kV, wobei der Kondensator mit Clophen, einem nicht brennbaren Medium hoher Dielektrizitätskonstante, gefüllt ist und ein Gewicht pro Leistungseinheit von nur 2 kg/kVA aufweist. Anlagen für größere Leistungen und höhere Spannungen werden unter Verwendung von Stützern aus den Einheitskondensatoren zusammengebaut [11].

In diesem Zusammenhang soll die Entwicklung des Metallpapierkondensators (MPK) der Firma Bosch erwähnt werden, der, ursprünglich mehr für Rundfunkzwecke gebaut, nunmehr auch als Starkstromkondensator angeboten und verwendet wird. Die Beanspruchung des Dielektrikums kann bei dieser Bauart höher getrieben werden und man kommt mit einer geringen Anzahl von Papierschichten aus, da der MPK seine Fehler selbst ausbrennt. Dadurch wird das Ansteigen des Preises beim Übergang auf 220 V, wie bei den normalen Kondensatoren, vermieden. Andererseits muß der Kondensator infolge der mit der höheren Beanspruchung angestiegenen Verluste mit Rippen ausgeführt werden und wird z. T. sogar schwerer. Seine Fähigkeit, die Fehler selbst auszuheilen, soll so groß sein, daß ein Kondensator auch nach dem Durchtreiben eines Nagels durch sämtliche Folien noch betriebsfähig bleibt [12].

Über die Glasgleichrichter ist nichts Neues zu berichten. Der Bau der Stromrichter in Eisengefäßen ist gekennzeichnet durch die Entwicklung vom vielanodigen Stromrichter mit Vakuumpumpe zum einanodigen pumpenlosen Eisengleichrichter [13]. Dieser Einheitsstromrichter ist für einen Strom von 400 ... 500 A und für eine Spannung bis max. 800 V ausgelegt. Für höhere Spannungen muß die Stromstärke herabgesetzt werden. Die Vorteile des einanodigen pumpen-

losen Eisengleichrichters gegenüber dem vielanodigen mit Pumpe sind etwa folgende: 1. die Lichtbogenspannung ist niedriger und damit der Wirkungsgrad höher, 2. einfache Unterhaltung und Reservehaltung, da die einzelnen Gefäße leicht ausgewechselt werden können, ohne die übrigen Einheiten einer größeren Gruppe zu beeinflussen, 3. bessere Eignung für die Massenherstellung, weil eine weit größere Anzahl kleinerer gleichartiger Stücke in der Fabrikation anfallen, 4. die Anzahl der herzustellenden Typen ist geringer, weil höhere Leistungen durch Erhöhung der Zahl der Gefäße pro Gruppe erreicht werden können, 5. einfache Bedienung, da die Vakuumpumpen entfallen, 6. geringere Anlagekosten, da Material- und Raumbedarf geringer sind.

Im Gegensatz zur amerikanischen Praxis haben sich die mit Thyratrons gesteuerten Motoren in Deutschland nur wenig eingeführt. Wahrscheinlich hängt das mit der zu geringen Garantie-Brennstundenzahl der europäischen Röhren und dem großen Schaltaufwand zusammen. Außerdem lassen sich viele Antriebsprobleme ebenso gut mit dem bewährten und betriebssicheren läufergespeisten Drehstrom-Nebenschlußmotor lösen. Die Theorie der Sperrschichtgleichrichter [14] wurde ausgebaut und vor allem der Selengleichrichter [15] verbessert unter Erhöhung der Sperrspannung auf 20 V eff. und des Wirkungsgrades auf 87%, während der Kupferoxydulgleichrichter besonders in der Niederfrequenzmeßtechnik und neuerdings der Germaniumgleichrichter in der Hochfrequenztechnik verwendet werden.

Schrifttum

- [1] P. Waldvogel: Evolution et tendances actuelles dans la construction des transformateurs de grand puissance. Bull. sci. A. J. M. Liège 62 (1949) S. 385. Ref. ETZ 70 (1949) S. 522.
- [2] H. B. Chevalier: Orientation nouvelle de la construction des gros transformateurs de puissance. Bull. sci. A. J. M. Liège 61 (1948) S. 463. Ref. ETZ 70 (1949) S. 269.
- [3] R. Eisner: Neuere Methoden der Fehlermeldung bei der Stoßprüfung von Transformatoren. VDE-Fachberichte 13 (1949) S. 7.
- [4] W. Krämer: Ein neuer Schweißtransformator mit Frequenzwandlung und symmetrischer Netzbelastung. ETZ 71 (1950) S. 185.
- [5] C. J. Fechtmeier: Liquid Cooling of A-C-Turbine-Generators, Part II. Techn. Paper 50—28, Dez. 1949.
- [6] T. De Koning: Vaporization Cooling of Electric Machines. Electr. Engng. 68 (1949) S. 385.
- [7] E. M. Johnson u. C. P. Holder: The design of large vertical-shaft-water-turbine-driven A. C. generators, Part. II. Electr. Engng. 95 (1948) S. 757.
- [8] Günthardt: Die Bemessung großer Wasserkraftgeneratoren. BBO-Mitt. 1949, S. 232. Ref. ETZ 71 (1950) S. 248.
- [9] Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 42 (1951) S. 113.
- [10] A. M. Liwischitz: Das mehrstufige Rototrol. AIEE Techn. Paper 47—96, Dez. 1946.
- [11] F. Liebscher: Fortschritte im Bau von Starkstromkondensatoren. Nicht veröffentlichter Vortrag 1943.
- [12] H. Sträß: Der Metallpapier-Kondensator. ETZ 70 (1949) S. 287.
- [13] Mercury arc power converters in North America. AIEE Techn. Paper 48—188, Apr. 1948.
- [14] F. Brunke: Moderne Selengleichrichter. ETZ 70 (1949) S. 161.
- [15] A. Güntherschulze: Der heutige Stand der Sperrschichtgleichrichter. ETZ 71 (1950) S. 414.

4. Nachrichtentechnik*

Von R. Feldtkeller, Stuttgart

DK 621.38/39

a) Theorie des Nachrichteninhaltes.

Der Ausbau des Welt-Nachrichtennetzes verlangt eine grundlegende Klärung der Zusammenhänge zwischen dem Inhalt einer „Nachricht“, ihrer Form als Sprache, Schrift, Bild usw. und der Beeinträchtigung des Inhaltes durch Störungen der Übertragung. Die Untersuchungen in dieser Richtung beginnen beim Phänomen des Sprechens und des Hörens, betreffen z. T. vor allem den Begriff der Codierung und bedienen sich besonderer mathematischer Methoden aus der Theorie der Dualzahlen und der nichtperiodischen Funktionen. Teilziel ist die Angabe der exakten Kapazität eines Übertragungskanals für eine ungeminderte Übertragung des Nachrichteninhaltes. Hiermit gelingt ein wichtiger Vergleich der verschiedenen Modulationsverfahren. Man studiert die Möglichkeiten, die Sprachlaute über einen Kanal zu übertragen, dessen Frequenzbandbreite wesentlich schmaler ist, als es dem Frequenzband von 4000 Hz Breite entspricht, das die Sprachlaute von Hause aus einnehmen,

und man studiert andererseits, nach welchem Verfahren man unter Erweiterung des benützten Frequenzbandes die Sprache am besten über eine durch thermisches Rauschen oder atmosphärisches Rauschen gestörte Strecke hinwegbringt.

b) Fernsprech-Apparatetechnik.

Die Teile geringster Qualität des Fernsprechnetzes sind noch immer das Kohlemikrophon und das elektromagnetische Telefon der normalen Telefonapparate. Über gewisse, aber nicht grundsätzliche Verbesserungen wurde in ausländischen Aufsätzen berichtet. Die Bundespost* führt objektive Bezugsdämpfungsmesser ein, mit denen sie bei der Abnahme und durch häufige Überwachung während des Benützens die großen Streuungen der Qualität ihrer Telefonapparate stark einengen will.

c) Fernsprech-Vermittlungstechnik.

Die deutschen Firmen haben in Zusammenarbeit mit der Bundespost für die Ortsämter das bisherige System 40 zu einem System 50 weiterentwickelt, das die Möglichkeit der Fernaufschaltung, des Nachrufens bei Fernverbindungen und der Fernbesetzkennzeichnung enthält.

* Die meisten der erwähnten Fortschritte sind im Band 1950 der Fernmeldetechnischen Zeitschrift in Aufsätzen und Referaten ausführlich beschrieben.

Die deutsche Selbstanschlußtechnik bediente sich weiter der Wähler und Motorwähler. Im Ausland wurde versucht, mit Schaltern, die nach Art eines Kreuzschienenverteilers angeordnet sind, weiterzukommen und mechanische Schalter durch elektronische zu ersetzen. Man erwartet hiervon eine Verkürzung der Zeiten, die zum Aufbau der Verbindung erforderlich sind.

Die stärkste Entwicklungsarbeit wurde im Berichtsjahr auf dem Gebiete des Fernwählverkehrs geleistet. Man möchte auch in Deutschland eine Landesfernwahl einführen, sobald der Ausbau des Trägerfrequenz-Fernkabelnetzes genügend weit fortgeschritten ist. Dies erfordert gründliche Studien über die klassische Direktwahltechnik und über andere Lösungen, die in der Ortsamtstechnik die direkte Wahl beibehalten, in der Fernwahltechnik aber die Wahlimpulse speichern und umcodieren. Diese Studien mit den zugehörigen Versuchen sind noch nicht abgeschlossen. Sie umfassen auch die Tonfrequenzfernwahl, deren Unempfindlichkeit gegen Sprechströme neu geprüft werden mußte.

Die Deutsche Bundesbahn, die innerhalb ihres Dienstbereiches die Fernwahl bereits seit längerer Zeit eingeführt hat, ist bereits zur vierdräftigen Durchschaltung der Verbindungen in den Vermittlungseinrichtungen übergegangen.

d) Drahtübertragung.

Zwischen Frankfurt a. M. und Mannheim errichtete die Deutsche Bundespost eine Versuchsanlage, die auf 24-paarigen symmetrischen Kabeln 60 Trägerfrequenzgespräche je Aderpaar, insgesamt also 1440 Sprechkanäle, zu übertragen gestattet. Übertragen wird jeweils das Frequenzband von 300 ... 3400 Hz. Für jede Gesprächsrichtung ist ein besonderes Kabel vorgesehen.

Neuartige Kanal-Bandpässe wurden gebaut, bei deren Berechnung die Verluste in den Spulen berücksichtigt werden konnten.

Zwischen Key West und Havanna wurde ein 200 km langes Seekabel mit 3 Unterwasserverstärkern in Betrieb genommen. Es wird mit 24 Trägerfrequenz-Fernsprechkanälen und mit 12 schmalen Telegraphiekanälen ausgenutzt.

Die koaxialen Kabel nach CCIF (2,6/9,4 mm) werden neuerdings in Westeuropa bis zu Frequenzen von 4 MHz ausgenutzt, so daß sie 960 Fernsprechkanäle übertragen können.

In USA wurden an das Fernseh-Übertragungsnetz, das aus koaxialen Kabeln besteht, 14 neue Städte angeschlossen. Das Netz umfaßt jetzt 50 Städte, in denen Fernsehsender stehen.

Prof. Georg Goubau erregte Drahtwellen längs eines einzigen isolierten Leiters. Die Dämpfung eines solchen Drahtwellenleiters ist geringer als die Dämpfung auf koaxialen Leitungen oder in Hohlleitern vom zehn- bis zwanzigfachen Durchmesser.

e) Fernschreibtechnik.

Das Schwergewicht der Arbeit lag im Jahre 1950 auf dem Ausbau der Fernschreibnetze. Die Teilnehmerzahl des deutschen Fernschreibnetzes ist wieder von 2500 auf 4000 gestiegen. Hierfür wurden die vorhandenen Vermittlungsämter erweitert und neue Ämter errichtet. Das gewählte Vermittlungssystem hat sich gut bewährt.

Ein neuer Streifenschreiber, System Butzke-Lölkes, wurde entwickelt. Er zeichnet sich durch besonders kleine und übersichtliche Bauweise aus. Zum Abdruck der Zeichen wird ein Typenrad benutzt.

In der Fernschreib-Meßtechnik führen sich rein elektrisch wirkende Geräte mehr und mehr ein. Verstärkerröhren steuern die zeitlichen Vorgänge durch Kippschwingungen.

Für den Verkehr der europäischen Fernschreibteilnehmer mit den Teilnehmern in USA, die an das Netz der RCA angeschlossen sind, ist eine Funkverbindung Holland—New York geschaffen worden. Ihre Empfangsgeräte prüfen jedes aus 7 Stromschritten bestehende Zeichen und unterbrechen die Weitergabe unter steter Wiederholung solange, bis gewisse Prüfbedingungen erfüllt und die Zeichen richtig empfangen werden. Hierdurch ist fehlerfreier Fernschreibbetrieb möglich.

f) Rundfunk.

Die Fortschritte der Rundfunktechnik im Jahre 1950 stehen mit dem Inkrafttreten des Kopenhagener Wellenplanes in engem Zusammenhang. Richtantennen wurden für Sender entworfen, die auf mehrfach belegten Wellen arbeiten müssen. Sie sollen demnächst in Betrieb genommen werden.

Nach umfangreichen Ausbreitungsmessungen wurde ein deutsches UKW-Sender-Netz mit Frequenzmodulation (Trägerfrequenzen zwischen 80 und 100 MHz, Frequenzhub maximal 75 kHz) geplant und teilweise errichtet. Die aufgestellten 10 kW-Sender haben sich bewährt.

Diese Sender konnten mit ihren Studios nicht immer durch Kabel verbunden werden. Man entwickelte Ball-Empfänger zur drahtlosen Verbindung zwischen Sender und Studio mit hoher Selektivität, Empfindlichkeit und Rauschfreiheit.

Die dynamischen Verzerrungen frequenzmodulierter Zeichen in den Bandpässen der Hochfrequenzverstärker und den Schwingungskreisen der Diskriminatoren wurden studiert.

Der technische Stand der UKW-FM-Rundfunkempfänger befriedigt. Die zuerst angebotenen Pendelrückkopplungsempfänger wurden von rauschfreieren Geräten abgelöst. Die modernen Empfänger enthalten für den UKW-Empfang einen Verhältnis-Detektor mit Röhren neuerer Bauart. Sie sind trotz des zusätzlichen Aufwandes und trotz wesentlicher Verbesserung des NF-Teiles kaum teurer als die AM-Empfänger vor dem Kriege. Als Antennen werden Hochantennen mit Faltdipolen verwendet. Für ihre Verbindung mit den Empfängern sind besondere symmetrische Doppelleitungen hohen Wellenwiderstandes entwickelt und im Handel.

Der UKW-FM-Empfang ist praktisch frei von atmosphärischen Störungen. Er wird allein durch die Zündkerzen der Kraftfahrzeuge gestört. Die Wege zu ihrer Entstörung werden studiert.

Die Studioeinrichtungen wurden auf einen Stand gebracht, der durch die UKW-FM-Sende- und Empfangstechnik möglichen Qualität entspricht. Die obere Frequenzgrenze des Übertragungsbereiches wurde auf 15 kHz gehoben, Rauschspannungen, Brummspannungen und nichtlineare Verzerrungen wurden herabgesetzt.

Die Hörbarkeit quadratischer und kubischer nichtlinearer Verzerrungen wurde sorgfältig im ganzen Bereich der Hörfläche des menschlichen Ohres studiert.

Beträchtliche Entwicklungsarbeit erforderte die Verbesserung der Mikrophone und Lautsprecher und der Schallaufzeichnungsgeräte. Der Frequenzbereich der Kondensatormikrophone wurde durch Verkleinerung ihrer Abmessungen erweitert. Gleichzeitig wurde das Eigenrauschen vermindert. Bei den Studiolautesprechern wurde der Frequenzgang und die Richtcharakteristik verbessert, die nichtlinearen Verzerrungen und die Einschwingvorgänge wurden erheblich verringert. Mit diesen neuen Wandlern wurden bisher verborgene Mängel in der Akustik der Studio- und Regieräume erkannt. Das Magnettonverfahren, das zur Schallaufzeichnung bevorzugt verwendet wird, konnte ebenfalls verbessert werden: das Ruhegeräusch wurde durch exakte Symmetrie der HF-Vormagnetisierung herabgesetzt, die Echoerscheinungen wurden durch neue Tonträger und durch magnetische Vorbehandlung vor dem Abspielen vermindert.

g) Antennen.

In der Theorie der Antennen gelang die strenge Berechnung der Dipolantennen mit Kreiszylindergestalt. Die nach dem Kriege in Deutschland gebauten Senderantennen für das Gebiet der Langwellen und der Mittelwellen wurden beschrieben, ebenso Kurzwellenantennen mit steuerbarer Richtcharakteristik. Für Meterwellen und Dezimeterwellen wurden Breitband-Dipolantennen entwickelt und durchgemessen. Über Schlitzantennen für Zentimeterwellen wurde eine grundsätzliche theoretische Studie veröffentlicht.

h) Wellen.

Auf dem Gebiet der Wellen in Hohlleitern wurde das Problem des Leistungstransportes beim Zusammenwirken mehrerer Wellentypen studiert. Dämpfungsglieder im Zuge von Hohlleitungen wurden entwickelt, die Anwendung der Methoden der Vierpoltheorie auf Hohlleiter erweitert.

Die Frage, ob eine Zenneckwelle existiert oder nicht, wurde studiert, aber nicht einheitlich geklärt. In vielen Arbeiten wurde über den Einfluß der Ionosphäre auf die Ausbreitung drahtloser Wellen berichtet. Besonders interessierte der für die Ultrakurzwellen und Mikrowellen wichtige Einfluß der Troposphäre, der weitgehend geklärt werden konnte. Neue Fragen stellten die Überreichweiten der Wellen der UKW-FM-Sender, besonders hinsichtlich der zeitlichen und geographischen Statistik.

i) Drahtlose Strecken.

Deutschland ist an das Überseefunknetz in Frankfurt a. M. für den Dienst nach Nordamerika und in Hamburg für den Dienst nach Südamerika angeschlossen. 1949 wurden 50 000 Gespräche und 300 000 Telegramme übertragen. Die Verbindungen arbeiten mit Frequenzen zwischen 5 und 30 MHz. Die Leistung der Sender beträgt 20 kW, sie arbeiten im Einseitenbandverfahren auf Rhombus-Richtantennen.

Zwischen Berlin und dem Harz wurden 12-Kanal-Richtfunkverbindungen mit Frequenzmodulation im Frequenzband von 41 bis 68 MHz eingerichtet. Die Verbindungen arbeiten zufriedenstellend, obwohl teilweise 75% der Strecke unterhalb des optischen Horizontes liegen.

Zwischen dem Münchener Werk der Siemens & Halske AG. und dem Deutschen Museum wurde eine Versuchsverbindung mit 12 Kanälen, die mit Pulsphasenmodulation im Frequenzband von 2500 MHz arbeitet, eingerichtet und in vollem Wahlverkehr mit dem Münchener Stadtnetz verbunden. Sie ist seit fast einem Jahr ohne Beanstandungen in Betrieb.

Der Polizeifunk-Sprechverkehr im Frequenzband von 45 MHz und von 80 MHz wurde in vielen Großstädten Deutschlands errichtet.

Die Fernsehsender wurden in zunehmendem Maße mit ihren Studios über Zentimeterwellen-Relaisstrecken verbunden. Weitverbindungen wurden mit längeren Zentimeterwellen betrieben, die an den Relaisstrecken ohne Demodulation, nur mit Trägerfrequenzumsetzung, verstärkt werden. Die kurzen Verbindungen mit wenigen Streckenabschnitten arbeiten auf kurzen Zentimeterwellen mit Demodulation und erneuter Modulation. In Deutschland sind Fernseh-Übertragungs-Verbindungen Hamburg—Köln und Köln—Frankfurt a. M. in Entwicklung.

j) Fernsehen.

Das Schwarz-Weiß-Fernsehen (30 Bilder/s, 525 Zeilen) setzt in den USA seinen schnellen Aufschwung fort. Im Jahre 1950 wurden mehr als 7 Millionen Empfänger gebaut, so daß Ende 1950 mehr als 11 Millionen Empfänger benutzt werden. Damit haben 40% der Haushaltungen, die in Gebieten wohnen, in denen Fernsehempfang möglich ist, einen Fernsehempfänger. Diese Gebiete werden von etwa 200 Sendern versorgt.

Die Bildröhren werden immer größer. Die Rechteckröhre herrscht vor, sie bekommt einen Metallkonus. Man baut Röhren für 60 cm breite Bilder und bereitet noch größere Röhren vor. Der Kontrast und die Helligkeit der Bilder wurde gesteigert.

In England erhöht sich die Teilnehmerzahl monatlich um rund 50 000, die modernen Geräte haben ebenfalls Rechteckröhren.

Frankreich leidet unter der unklaren Situation zweier verschiedener Normen. Die Untergruppe des CCIR hat sich für 25 Bilder/s, 625 Zeilen entschieden. Mit Deutschland haben sich ihr die meisten europäischen Länder angeschlossen. Sie wird auch in Ostdeutschland benutzt werden.

In Deutschland ist der Versuchsbetrieb mit einem Sender in Hamburg aufgenommen worden. Verschiedene Firmen erproben mit ihm ihre Empfänger.

In USA herrscht regste Entwicklungstätigkeit auf dem Farbfernsehen. Neue Geräte haben das synchron rotierende Farbfilter verlassen und arbeiten mit rein elektronischem Farbfernsehen. Entwicklungsziel ist ein System, das das Farbbild in den heute zur Verfügung stehenden Frequenzbändern unterbringt und seinen Empfang mit den vorhandenen Geräten als Schwarz-Weiß-Bild ermöglicht.

k) Senderöhren.

Leistung und obere Frequenzgrenze der gittergesteuerten Senderöhren wurden weiter gesteigert. Für längere Wellen schuf man wassergekühlte Röhren mit 500 kW Nutzleistung bei nur 1-kW Steuerleistungsbedarf. Für die UKW-FM-Rundfunksender, die mit Frequenzen bei 100 MHz arbeiten und 10 kW Nutzleistung haben, werden auch in Deutschland komplette Röhrenserien fabriziert. In USA erzielt man mit einer wassergekühlten Röhre 50 kW Nutzleistung bei 100 MHz.

l) Empfänger- und Verstärkeröhren.

Für Rundfunkempfänger und für Verstärker werden auch in Deutschland sockellose Miniaturröhren gebaut. Neben den Röhren mit den bisher üblichen Steilheiten werden für UKW-Empfänger und für Fernsehverstärker Spezialröhren gebaut, mit denen man Bandbreiten bis zu 30 MHz verstärken kann. Durch besonders stabile Ausbildung der Systeme konnten die Klingeigenschaften (Mikrophoneneffekt) wesentlich verbessert werden.

m) Dezimeterwellen-Röhren.

Mit Travelling-Wave-Röhren wurde bei 500 MHz (60 cm) eine Leistung von 1,2 kW mit 30% Wirkungsgrad und zwanzigfacher Verstärkung, bei 5000 MHz (6 cm) eine Leistung von 100 W mit 5% Wirkungsgrad und ebenfalls zwanzigfacher Verstärkung erzielt. Auf dem Markt ist als erste Travelling-Wave-Röhre eine Röhre erschienen, die bei 5000 MHz eine Nutzleistung von 10 W bei 7% Wirkungsgrad liefert und eine hundertfache Verstärkung hat.

Das Travelling-Wave-Magnetron ermöglicht höhere Wirkungsgrade. Man hat bei 1300 MHz eine Leistung von 200 W mit 40% Wirkungsgrad und dreißigfacher Verstärkung erreicht.

Eine Scheibentriode mit nur 14 μ Abstand zwischen Gitter und Kathode hat bei 5000 MHz eine gute Verstärkung, eine Nutzleistung von einigen Watt und ermöglicht den Bau von rauschärmeren Breitbandempfängern.

n) Halbleiter.

Kristalldioden (Silizium, Germanium) werden auch in Deutschland hergestellt. Sie vertragen Sperrspannungen bis zu 80 V. Sie werden schon in Rundfunk- und Fernsehempfängern verwendet und zunehmend in der Fernsprechtechnik und der Meßtechnik angewendet. Durch Vertiefung der physikalischen und technischen Erkenntnisse über das Wesen der Halbleiter und ihrer Sperrschichten wurde die Voraussetzung für eine sichere Herstellung großer Stückzahlen geschaffen.

Kristallverstärker (Transistoren) werden noch nicht in großen Stückzahlen hergestellt; Versuche mit ihnen in Frankreich hatten gute Ergebnisse. Forschung und Entwicklung dieses Gebietes sind noch voll in Fluß. Der Bau von Kristallverstärkern aus Bleisulfid ist ebenfalls gelungen.

Als Photozelle hoher Empfindlichkeit und geringer Trägheit ist der Phototransistor geschaffen worden, er ist für sichtbares und ultrarotes Licht empfindlich, seine empfindliche Oberfläche hat einen Durchmesser von nur 0,2 mm.

o) Magnetische und elektrische Werkstoffe.

Mit Mangan-Zink-Ferriten und mit Nickel-Zink-Ferriten erreicht man Permeabilitäten von einigen Tausend. Die Permeabilität ist stark von der Feldstärke und der Temperatur abhängig. Die Gründe für den Abfall der Permeabilität bei sehr hohen Frequenzen sind noch nicht voll aufgeklärt. Als geschlossene Kerne mit Luftspalt und als offene Kerne finden sie Eingang in die Technik der Bandfilter im Frequenzgebiet von 1 kHz bis 10 MHz und darüber.

Seignettesalz und gewisse Titanverbindungen, besonders Bariumtitanat, bezeichnet man als Ferroelektrika. Sie haben hohe Dielektrizitätskonstanten; Werte über 1000 ϵ_0 sind erreicht. Sie werden in Kleinkondensatoren verwendet. Auch bei ihnen stört die Abhängigkeit von der Feldstärke und der Temperatur.

Keramische Körper aus Barium-Titanat, die im elektrischen Feld polarisiert sind, bekommen piezoelektrische Eigenschaften. Man kann sie deshalb als elektromechanische Wandler verwenden. Ihre Eigenschaften als Ultraschallsender und Ultraschallempfänger werden noch studiert.

5. Industrielle Anwendungen

Von L. Lebrecht, Darmstadt

DK 621.312

Die Anwendung des elektrischen Stromes in der Industrie ist so vielgestaltig, daß es unmöglich ist, auf dem hier zur Verfügung stehenden Raum alle fortschrittlichen Entwicklungen zu erwähnen. Es kann sich deshalb nur darum handeln, einige charakteristische Entwicklungslinien aufzuzeigen.

Die Antriebstechnik hat ihr immer gleichbleibendes Ziel, die Qualität der Arbeit zu verbessern und die Wirtschaftlichkeit zu steigern, auch in den letzten Jahren verfolgt.

Über den Entwicklungsstand der Leistungsstromrichter wurde in der ETZ¹ berichtet. Ergänzend ist hinzuzufügen, daß die Stromrichtertechnik in den letzten Jahren in zahlreiche industrielle Anwendungen neu eindringt.

Der gittergesteuerte Stromrichter größerer Leistung mit flüssiger Kathode hat schon vor längerer Zeit einigen Großantrieben (Gebläsen, Walzenzugmotoren u. dgl.) neue technische und wirtschaftliche Möglichkeiten geboten. Dieser technische Weg wird auch in jüngster Zeit mit fortschrittlichen Lösungen, beispielsweise bei stromrichtergespeisten Umkehrstraßen, fortgesetzt. Besonders aber wurden mit den Mitteln der Stromrichtertechnik neuerdings auch für kleine Leistungen Regelaufgaben der Antriebstechnik gelöst, die bisher dem Leonardantrieb oder Drehstromkommutatormotor vorbehalten oder wirtschaftlich überhaupt nicht lösbar waren. Zwischen das Drehstromnetz und den Gleichstrom-Motor bis etwa 20 kW tritt ein Steuer- und Regelgerät, meist mit gittergesteuerten Glühkathodenröhren bestückt, durch welches Regelbereiche bis 1:60 bei genauer Einhaltung einer gewählten Drehzahl zwischen Leerlauf und Vollast erreichbar sind. Die Geräte lassen getrennte Vorwahl von Vor- und Rücklaufdrehzahlen zu und ermöglichen direkte Einschaltung jeder Drehzahl, begrenzen also selbsttätig den Anlaufstrom. Sie ermöglichen selbsttätiges Bremsen, Herunterregeln, Stillsetzen und Umkehren der Motoren. Sie lassen die Begrenzung des Betriebsmomentes auf einen einstellbaren Wert zu.

Ebenso hat der Stromrichter neue und fortschrittliche Lösungen auf dem Gebiete der industriellen Wärmetechnik erreicht. Der Mittelfrequenz-Maschinenformer, in der Erzeugung von Wechselstrom auf Frequenzen von etwa 10000 Hz begrenzt, ist für wesentlich höhere Frequenzen um den Röhrengenerator ergänzt worden. Dieser stellt der induktiven Wärmezeugung Frequenzen von 100 ... 1000 kHz, der kapazitiven Erwärmung Wechselstrom von 5 ... 30000 MHz zur Verfügung.

Die induktive Wirbelstromheizung dient schon seit Jahren der Oberflächenhärtung von Zahnrädern, Wellen, Bolzen, Zylindern, Lagern, Werkzeugen. Sie ermöglicht das Erwärmen von Stahl und NE-Metallen zur Warmverformung, erlaubt Schweißen und Löten, sowie Schmelzen im Vakuum.

In neuerer Zeit wird diese Form der Wärmezeugung durch kapazitive, d. h. dielektrische Wärmezeugung ergänzt. Sie nutzt die dielektrischen Verluste eines nicht leitenden Körpers im elektrischen Feld aus. Sie trat in Wettbewerb zu den Verfahren, welche den Dampf als Wärmeträger ausnutzten, und vervollkommen dieselben. Während alle Verfahren, welche einem Körper Wärme von außen zuführen, an den Problemen örtlicher Überhitzung krankten, beteiligen sich im elektrischen Feld, solange dieses konstante Feldstärke aufweist, alle Teilchen gleichmäßig an der Um-elektrisierung. Daher entsteht auch die Verlustwärme durch intermolekulare Reibung im ganzen Volumen gleichmäßig. Trocknung von Holz (Bauholz, Möbelindustrie, Formholzherstellung, Montageverleimung), Vulkanisation von Gummi, Trocknung gegen örtliche Erhitzung empfindlicher Werkstoffe (Textilien, Papier, Leder, Linoleum), Vorwärmen von Kunstharz-Preßlingen, Schweißen und Nähen von Kunststoffen (Igelit) sind Anwendungsgebiete, denen die neue Technik qualitative und durch Zeitgewinn auch andere wirtschaftliche Vorteile bringt. Auch der elektrischen Küche er-

wachsen auf diese Weise neue Möglichkeiten. Eine Technik, die in der Medizin schon seit längerer Zeit die bekannte Kurzwellen-Diathermie begründet hat, wird jetzt also auch für die Lösung industrieller Aufgaben eingesetzt.

Die bisher entwickelten Hochfrequenzgeneratoren haben Leistungen von einigen Hundert Watt bis zu etwa 120 kW.

Auch die elektrische Schweißtechnik hat neue Lösungen herausgebracht. Die Wechselstrom-Lichtbogenschweißung wurde um einen Schweißtransformator bereichert, der nicht nur zum Vorteil der Schweiß Eigenschaften den 50periodigen Netzstrom mit statischen Mitteln in 100periodigen Einphasenschweißstrom, sondern außerdem die einphasige Leistung in symmetrische Dreiphasenleistung umformt. Er erreicht dies durch Kombination der Magnetisierungsvorgänge gleichstromvormagnetisierter Drosselspulen mit einem Scott-Transformator.

Das Streben, die Lichtbogenschweißung von Übung, Gewissenhaftigkeit und Ermüdung des Schweißers unabhängig zu machen, führte zur Entwicklung von Schweißautomaten, die Verbindungsschweißungen unter selbsttätig wirkender Regelung mit gleichbleibender Qualität durchführen.

Ignitron-Schweißschütze sind als Schaltelemente für Widerstands-, Punkt- und Nahtschweißmaschinen fortentwickelt worden. In Verbindung mit einem Taktgeber in elektrischer oder elektromechanischer Form werden höchste effektive Kurzzeitströme bis 2500 A phasenrichtig geschaltet. Stromzeit und Pausenzeit des Schweißvorganges können bei Schalthäufigkeiten von 30 ... 100 ... 250 Schaltungen je Minute eingestellt werden. — Die Regelung der Schweißspannung großer Schweißmaschinen, früher einem Röhrenregler überlassen, wird neuerdings auch mit Hilfe der Amplidyne durchgeführt.

Die Anwendung der industriellen Elektrowärme mit neuen fortschrittlichen Lösungen, sei es in Salzbad-Härteöfen, oder in Schutzgas-Glühöfen, sei es im elektrischen Formtrockner oder im Tunnelofen für Dekorbrand, sei es im Lichtbogen- oder Induktionsofen, finden durchweg im einzelnen nicht aufzählbare fortschrittliche Lösungen.

Auf dem Gebiet der Lichttechnik haben in den letzten Jahren die schon früher entwickelten Leuchtstofflampen eine außerordentliche Verbreitung gefunden. Die weißen Lichtfarben, insbesondere das Tageslichtweiß, verlangen höhere Beleuchtungsstärke, als sie bisher üblich waren, wenn psychologisch bedingte Ermüdungserscheinungen künstlichen Lichtes und Zwielichtes mit Tageslicht beseitigt, Wohlbefinden und Behaglichkeit gesteigert werden sollen. Lichtausbeute und Lebensdauer der Lampen sind günstige Voraussetzungen für die notwendige Erhöhung des Beleuchtungsniveaus. Die gegenüber der Glühlampe veränderten Bedingungen der Leuchtdichte bei der Leuchtstofflampe, sowie auch der Lichtfarbe haben in den letzten Jahren zu veränderten Grundsätzen in der Anwendung der Lichtquellen geführt. In vielen Fällen läßt die Leuchtdichte der Leuchtstofflampe in der Nähe der Blendungsgrenze die unverhüllte Verwendung der Röhren zu. Es sind aber auch Beleuchtungskörper entwickelt worden (Rastergitter), die den Lichtstrom mit gutem Wirkungsgrad in einer Richtung sich entwickeln lassen, während für den Betrachter aus anderen Richtungen die Leuchtstofflampe dem Blick entzogen ist.

Für Molkereien sind neue Ultraviolett-Milch-Vitaminisierungsgeräte entwickelt worden, welche mit Quecksilberdampf-Niederdrucklampen die Behandlung der Milch mit Strahlen erwünschter Wellenlänge erlauben.

Die Entwicklung von Ultraschallgeräten ist gefördert worden, sowohl im medizinischen Interesse und zum Zwecke verschiedener biologischer Vorgänge, als auch neuerdings im Interesse industrieller Verwertung. Möglichkeiten dazu bietet die Herstellung von Emulsionen, Beeinflussung des Gefüges verschiedener Stoffe und andere mechanische und chemische Wirkungen.

VERSCHIEDENES

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6,
Fernruf: 4 31 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

Bekanntmachung

Neufassung von VDE 0370 „Vorschriften für Isolieröle“

Der VDE-FAM-Arbeitsausschuß „Isolieröle“¹ hat unter Vorsitz von Obering. Maurer einen Entwurf für die Neufassung von VDE 0370 ausgearbeitet, der gegen Erstattung der Unkosten für Vervielfältigung und Versand (DM 1,—) von der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, bezogen werden kann. Es ist beabsichtigt, diese Neufassung ab 1. Januar 1952 in Kraft setzen zu lassen.

Einsprüche gegen diesen Entwurf und gegen den geplanten Geltungsbeginn sowie Änderungsvorschläge können bis zum 1. August 1951 bei der VDE-Vorschriftenstelle eingereicht werden.

Der Ausschußvorsitzende
Maurer

VDE-Vorschriftenstelle
Jacottet

SITZUNGSKALENDER

Berlin: EV Berlin, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33
7. 6. 51, 18.15 Gr. Physikaal d. TU.: „Flugfunk-Navigation“, Dr. Ulbricht, Ulm.

11. 6. 51: Gemeinschaftsfahrt zur VDE-Tagung in Hannover.

München: ETV München, München, Blumenstr. 8

4. 6. 51, 17.30, Vortragssaal d. Dt. Museums: „Erkenntnisse aus der Fahrdynamik elektrischer Bahnen“, Dr.-Ing. habil. Voigtländer, Erlangen.

Wuppertal: VDE-Bezirk Bergisch Land, Wpt.-Elberfeld, Neumarktstr. 52
12. 6. 51, 20.00, Vortragssaal der Stadtbücherei: „Neuentwicklungen auf dem Gebiete von Lichtbögen- und Widerstands-Schweißmaschinen“, Obering. Zinnecke.

Köln: Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal

4. 6. bis 7. 6. 51, tägl. 9 bis 17.00, Hauptverwaltung der GEW-Werke, Köln, Rosenstr. 30: Kursus „Revision elektrischer Anlagen“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhagen, Baurat Dipl.-Ing. P. Schnell, Dipl.-Ing. Bertram, Techn. Akad. Berg. Land, Wuppertal.

München: Technische Hochschule München, Elektrotechnisches Kolloquium
6. 6. 51, 18.15, Hörsaal 107 (Theresianum): „Neuere synthetische Piezoelektrische Kristalle in der Elektroakustik und Hochfrequenz“, Dr. F. Spitzer, Nürnberg.

Nürnberg: Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal

25. 6. bis 28. 6. 51, tägl. 9 bis 17.00, Elektrisches Prüfmittel 4, Nürnberg: Kursus „Fortbildungskursus für Zählerrevisoren“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhagen, Dipl.-Ing. K. Roewer, Techn. Akad. Berg. Land, Wuppertal.

PERSONLICHES

Ludwig Binder 70. Jahre. — Am 25. Mai 1951 wird Professor Dr.-Ing. L. Binder 70 Jahre alt. Im Jahre 1919 wurde er als Nachfolger von Prof. Kübler an die Technische Hochschule Dresden berufen, nachdem er schon zuvor einem Ruf an die Technische Hochschule Darmstadt gefolgt war. Nach Beendigung seiner Studien an der Technischen Hochschule München 1904 trat er in die Dienste der Siemens-Schuckertwerke und war zunächst im Dynamowerk tätig. Er promovierte über Erwärmungsprobleme an elektrischen Maschinen und schuf dabei ein Rechenungsverfahren, das erlaubt, mit Differentialgleichungen kaum lösbarer Probleme rechnerisch mit Hilfe des Differenzenquotientenverfahrens zu behandeln. Im Laufe seiner weiteren Tätigkeit bei den SSW siedelte er in das damalige Charlottenburger Werk über, dem Vorläufer des späteren Schaltwerkes. Dort entstanden seine ersten Arbeiten über Wanderwellen, für die er ein besonderes Verfahren, die nach ihm benannte Schleifenmethode, entwickelte. Eine seiner ersten Taten an der Technischen Hochschule Dresden, wo er auf den Lehrstuhl für Elektromaschinenbau und Elektrische Anlagen berufen wurde, war die Aufnahme von Wanderwellenversuchen im größten Umfang, und er konnte bald eine stattliche Anzahl von Doktoranden um sich scharen, deren Arbeiten dann in dem von ihm verfaßten Buch über Wanderwellenvorgänge auf experimenteller Grundlage unter einheitlichen Gesichtspunkten mit seinen eigenen Ergebnissen zusammengefaßt wurden. Eine Krönung erfuhren die Arbeiten L. Binders durch die Errichtung eines Hochspannungslaboratoriums, das in Deutschland in bezug auf seine weitblickende Planung mit an erster Stelle steht und glücklicherweise die Zerstörungen des Krieges überstanden hat und heute den Schwerpunkt des Institutes für Starkstrom- und Hochspannungstechnik der Technischen Hochschule Dresden bildet.

Die Probleme seiner Dissertation ließen ihn die Bedeutung der nicht als Verlust- sondern als Nutzwärme auffaßbaren Elektrowärme erkennen, und so veranlaßte er schon sehr früh, daß ein besonderes Lehrfach Elektrowärme geschaffen wurde. Dank seiner klaren Einstellung zum Versuch entstand ein besonderes Elektrowärme-Laboratorium, das wohl erstmalig an einer Hochschule dem Studierenden die Möglichkeit experimenteller Betätigung gab. Eine Reihe wertvoller Arbeiten sind aus ihm hervorgegangen.

Seine Arbeit für die Elektrotechnik beschränkte sich nicht auf seine Hochschultätigkeit. Die elektrotechnischen Vereinigungen, denen er angehört hat und angehört, verdanken ihm eine erhebliche Förderung. Entscheidend für alle seine Handlungen war und ist immer die Förderung der Elektrotechnik und ihrer Ingenieure gewesen.

Möchte es dem Jubilar vergönnt sein, noch manches Jahr zum Nutzen der Elektrotechnik zu wirken und die Schar seiner Schüler, die seiner am heutigen Tage mit besonderem Dank gedenken, noch weiter zu vergrößern.

Harald Müller

Hochschulschichten. — Anlässlich seines 65. Geburtstages wurde dem Professor der Maschinenlehre und Direktor des Maschinenlaboratoriums mit Heiz- und Kraftwerk, des Kältetechnischen Instituts und der Forschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung, Dr.-Ing. Rudolf Plank, durch die Mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Heidelberg der Titel eines „Doktor der Naturwissenschaften ehrenhalber (Doktor philosophiae naturalis honoris causa)“ verliehen.

Die Fakultät ehrt in ihm den Forscher, der durch seine auf dem Gesamtbaue der Naturwissenschaften gerichteten Untersuchungen, insbesondere durch seine thermodynamischen Arbeiten, die Brücke zwischen reiner Wissenschaft und ihrer technischen Anwendung zu schlagen verstand und damit half, den Boden für eine zukünftige engere Zusammenarbeit zwischen Technik und exakter Naturwissenschaft zu schaffen.

of

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.39.029.6 (022.5)

Grundlagen der Höchsthochfrequenztechnik. Von Dr.-Ing. F. W. Gundlach. Mit 499 S., 189 B., Format 15x24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg; J. F. Bergmann, München 1950. Preis kart. DM 48,—.

Wenn man dem Titel nach glaubt, ein mehr einführendes Werk vorzufinden, wird man schon bei oberflächlicher Durchsicht feststellen, daß es eine bislang bestehende empfindliche Lücke schließen wird. Wurde damit doch ein Buch herausgebracht, bei dem erstmals in zusammenfassender Form sowohl Erzeugung und Verstärkung als auch Übertragung (Doppelleitungen, Hohlleiter) und Abstrahlung (Antennen) von Wellen sehr hoher Frequenz in wissenschaftlich exakter Form behandelt werden. Alle wichtigen Zusammenhänge wurden von den Grundlagen her entwickelt. Ein Teil der Ableitungen wird erstmals veröffentlicht. Insbesondere im Abschnitt über Elektronenströmungen kann der Autor dabei weitgehend auf eigene Arbeiten zurückgreifen. Der höchstfrequenten Vierpoltheorie wurde ein eigener Abschnitt gewidmet. Das Buch behandelt eine Vielfalt technisch bedeutsamer Fragen und dürfte sowohl für den wissenschaftlich arbeitenden als auch für den in der Praxis stehenden Höchstfrequenzingenieur unentbehrlich werden. Naturgemäß müssen beim Leser relativ hohe mathematische Vorkenntnisse sowie die Bereitschaft zu intensiver Mitarbeit vorausgesetzt werden. Die didaktisch sehr geschickte und klare Darstellungsweise erleichtert aber das Studium wesentlich. Ein ausführliches Sachregister ermöglicht ein schnelles Sichzurechtfinden und eine Übersicht über die verwendeten Formelzeichen dient zum Nachschlagen für im Text und in den For-

¹ Gemeinsamer Ausschuss des VDE und des Fachausschusses für Mineralöl- und Brennstoffnormung (Gruppe E im Fachnormenausschuß für die Materialprüfungen der Technik).

meln vorkommende Größensymbole. Ein ausführliches Literaturverzeichnis mit kurzen Hinweisen über den ungefähren Inhalt der zitierten Arbeiten ist beigelegt. — Autor und Verlag sind zu diesem Werk zu beglückwünschen.

A. Scheuber

DK 621.316.5 (022.3)

Hochspannungs- und Niederspannungs-Schaltanlagen. Von B. Fleck. Mit 271 S., 221 B., Format 15×21 cm. Verlag W. Girardet, Essen 1950. Preis Glw. DM 19,20, Hlw. DM 18,—.

Das Buch behandelt Berechnung, Schaltung und Konstruktion von Hoch- und Niederspannungs-Schaltanlagen.

Die Schaltung der Hauptstromkreise gliedert sich in Grundsatzschaltungen für Erzeugung und Verteilung, ferner in schaltungstechnische Anordnungen für Verbraucher aller Art einschließlich Gleichrichteranlagen für Bahn-, Netz- und Elektrolysebetriebe. Die Schaltung der Hilfsstromkreise beschäftigt sich mit den schaltungstechnischen Grundlagen aller möglichen Elemente elektrischer Anlagen.

Im Buchabschnitt „Konstruktiver Aufbau der Schaltanlagen“ wird mit dem Leistungsschalter (Ölschalter, ölarmen und ölloser Schalter) als Kernstück eine Vielfalt von Möglichkeiten des konstruktiven Aufbaues besprochen.

Der Wert des Buches liegt in der aus der Praxis gewachsenen reichen Sammlung schaltungstechnischer und konstruktiver Möglichkeiten und ihrer Anwendungen. Der Teil „Berechnung“, in der Hauptsache Berechnung der Kurzschlußströme und ihrer thermischen und dynamischen Wirkungen, setzt Verständnis und Kenntnis der Theorie voraus und bietet dann taschenbuchartig und im Sinne des Vorwortes in Anlehnung an bekannte Literatur einen Anhalt für die praktische Rechnung.

L. Lebrecht

DK 621.165 (022.3)

Dampfturbinen. Von F. Dietzel (i. d. Rh. Westermanns Fachbücher der Ingenieurkunde). Mit 288 S., 268 B., Format 16×23 cm. Georg Westermann Verlag, Braunschweig, Berlin, Hamburg, Kiel 1950. Preis kart. 21,— DM, Glw. 28,— DM.

Das Werk bringt unter Voranstellung eines geschichtlichen Überblicks über die Entwicklung der Dampfturbine eine sehr eingehende Darstellung der Grundelemente der Dampfturbine. Die verschiedenen Turbinensysteme, Gleichdruck-, Überdruck- und Radialturbine und ihre Konstruktion, ferner Wärmewirtschaft und Regeltechnik werden sehr ausführlich behandelt. Wegen der übersichtlichen Darstellung, die neben zahlreichen Skizzen auch gut gelungene Photographien von Einzelteilen bringt, ist das Buch auch für Ingenieure, deren Spezialgebiet außerhalb der Dampftechnik liegt, gut lesbar und aufschlußreich.

Das abschließende Kapitel „Dampfturbine im Betrieb“ kann allerdings nur als Hinweis auf die wichtigsten Fragen aufgefaßt werden, und der an ihnen Interessierte wird ohne eine Spezialliteratur nicht auskommen.

E. J. Pohl

DK 621.351 (022.4)

Handbuch des Batterie- und Elementenbaues. Von R. Ziegenberg. Lieferungen 1...3 von insges. etwa 8. Inges. 404 S., 33 B., 34 Taf., als Manuskript gedruckt im Format DIN A 4. Selbstverlag des Verfassers, Neumünster, Bahnhofstr. 19, 1949. Preis des Gesamtwerkes 250,— DM.

Das bekannte Handbuch liegt in zunächst drei, z. T. völlig neu bearbeiteten Lieferungen vor. Lieferung I vermittelt ein anschauliches Bild der geschichtlichen Entwicklung, zeigt die in den einzelnen Entwicklungsphasen auftretenden technischen und wirtschaftlichen Probleme auf und macht so den Leser zwanglos mit allen grundsätzlichen Fragen vertraut. Eine Zusammenfassung über die wünschenswerten Weiterentwicklung und Ausführungen über die bei Neugründung oder bei Erweiterung einer Batterie- und Elementenfabrik zu beachtenden Gesichtspunkte beschließen diesen Band. Lieferung II ist der Konstruktion und Herstellung der wichtigsten Zink-Kohleelemente gewidmet. Nach einleitenden Betrachtungen von R. Ziegenberg bespricht I. M. Schmiere Ausführung und Abstimmung der Rezepte im nassen und im Trockenelement sowie die Aufdeckung von Fehlerursachen. Ein weiteres Kapitel ist dem Beutelement gewidmet und im Schlußkapitel behandeln P. Schmidt (†) und R. Ziegenberg das Trocken- und Füllelement. Lieferung III beschreibt die mit Braunstein als Depolarisator arbeitenden Kleinstbatterien und -zellen in ihren verschied-

enen Ausführungsformen und Anwendungen. Auch die Entwicklung neuer Elemententypen im In- und Ausland findet, soweit dem Herausgeber verlässige Unterlagen zur Verfügung standen, Berücksichtigung. Die Bedeutung der Normenarbeit für die Entwicklung dieses Industriezweiges wird eingehend gewürdigt. In allen Fragen der Fabrikation, Kalkulation und des Prüfwesens ist das Werk seines reichen Erfahrungsinhalts wegen dem Fachmann ein verlässiger Ratgeber und es ist zu wünschen, daß es sich neue Freunde hinzugewinnt.

A. Schwarz

Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

Fernsprech-Wählanlagen. Von Dr.-Ing. habil. E. Hettwig. (I. d. Rh. Fernsprechtechnik). 3., erw. Aufl. Mit 484 S., 262 B., 15 Taf., Format 15×23,5 cm. Verlag von R. Oldenbourg, München 1950. Preis Hlw. 38,— DM.

Fernämter. Von Dipl.-Ing. Hans Rjosk. (I. d. Rh. Fernsprechtechnik). Mit 200 S., 117 B., 4 Taf., Format 15×23,5 cm. Verlag von R. Oldenbourg, München 1951. Preis Hlw. 15,— DM.

Die Verständlichkeit im Fernsprechverkehr. Von Karl Kölsch. 2. Aufl. Mit 208 S., 80 B., Format DIN A 5. R. v. Deckers Verlag, G. Schenk, Hamburg, Berlin 1951. Preis Hlw. 5,50 DM.

Neuzeitliche Maschinenelemente. Von Franz Findeisen. 1. Bd. Mit 224 S., 122 B., 25 Taf., Format DIN A 5. Schweizer Druck- und Verlagshaus, Zürich 1950. Auslieferung: Carl Meyer, Buch- u. Zeitschriftenvertrieb, Frankfurt a. M. Preis Glw. 14,— DM.

Die besten Isolierstoffe der Elektrotechnik als Bau- und Austauschstoffe. Von Walter Demuth. Mit 233 S., 99 B., Format DIN A 5. Otto Meißners Verlag, Schloß Bleckede, Elbe 1951.

Motoren. Von Hans Zumbühl. 2. erw. Aufl. Mit 293 S., 171 B., Format DIN A 5. Schweizer Druck- und Verlagshaus, Zürich 1948. Auslieferung: Carl Meyer, Buch- und Zeitschriftenvertrieb, Frankfurt a. M. Preis Glw. 11,50 DM.

Die Schmierung von Dampfturbinen. Von Dr. techn. Dipl.-Ing. Karl Wolf. Mit 198 S., 45 B., Format 15×23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis kart. 16,50 DM.

Einführung in die Atomphysik. Von Wolfgang Finkelburg. 2., umgearb. u. erw. Aufl. Mit 416 S., 230 B., Format 16×24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis kart. 34,50, Glw. 39,— DM.

Zeichnen und Gestalten im Maschinenbau. Von Ernst Broschat. 4 Hefte: Geometrisches Zeichnen, Projektionslehre, Darstellen und Vermaßen. Abwicklungen. Jedes Heft mit 32 S., 14 Taf., Format DIN A 5. Fachverlag Schiele und Schön, Berlin 1951. Preis je Heft 1,30 DM.

Funktechnische Arbeitsblätter. Von R. Schifferl u. A. Köhler. 4. u. 5. Liefer. Mit je 40 S., 110 u. 156 B., zahlr. Taf. Franzis-Verlag, München 1949. Preis je Liefer. geh. 6,— DM.

Senderöhren. Das Verhalten von Pentoden, Tetroden und Trioden in der Sendeschaltung. Von Ir. J. P. Heyboer f. Bearb. v. Ir. P. Zijlstra (i. d. Buchreihe über Elektronenröhren, 7 Bd.). Mit 295 S., 256 B., 5 Taf., Format 16×23,5 cm. Deutsche Philips GmbH, Hamburg 1951. Preis Glw. 26,50 DM.

Fernmeldetechnische Zeitschrift 4 (1951) Heft 4. Inhalt: K. Schreck, Konstante Schwingungskreise für hohe Frequenzen; E. A. Pavel, Moderne Rundfunkleitungen nach den CCIF-Empfehlungen; G. Seelmann-Eggebert, Der Platzsucher, ein Mittel zur Verbesserung des Ferndienstes; H. Graziadei, Ein neues Verfahren zur Obenspeisung von schwundmindernden Funkmasten; P. Barkow, Die Unsymmetrie des Frequenzhubes, insbesondere bei Breitband-Richtverbindungen mit Frequenzmodulation; W. Meyer-Eppler, Messung der Frequenzcharakteristik linearer Systeme durch einmalige oder wiederholte Schaltungsvorgänge.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. phil. H. Fahlenbrach, Widia-Fabrik, Essen, Münchener Str.
Prof. Dr. R. Feldtkeller, Techn. Hochschule Stuttgart
F. Heintzenberg, Berlin-Zehlendorf, Sophie-Charlotte-Str. 37
Dr.-Ing. P. Hochhäusler, i. Fa. August Lepper, Honnef a. Rh.
Prof. Dr.-Ing. E. Hueter, Techn. Hochschule Darmstadt
Prof. Dr.-Ing. K. Humberg, Techn. Hochschule Hannover
Dr. phil. A. Keil, i. Fa. Dr. E. Dürrwächter, Pforzheim, Westliche 61
Prof. Dr.-Ing. L. Lebrecht, Techn. Hochschule Darmstadt
Prof. Dr.-Ing. K. Leist, Techn. Hochschule Aachen
Dipl.-Ing. L. Maurer, SSW, Nürnberg, Katzwanger Str. 150
Dipl.-Phys. C. L. Meyer, i. Fa. Dr. E. Dürrwächter, Pforzheim, Westliche 61
Dr.-Ing. H. F. Mueller, Karlsruhe-Rintheim, im Krautgarten 10
Dr. W. Nestel, NWDR, Hamburg 13, Rothenbaumchaussee 132—134
Dipl.-Ing. F. Nolte, i. Fa. Paul Firdow Nachf., Frankfurt a. M., Baseler Str. 27—31
Dr.-Ing. O. Schneider, Stuttgart, Ludwigstr. 114
Dr.-Ing. Stiegler, Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen-AG, Dortmund, Westfalendamm 45
Prof. Dr.-Ing. F. Stier, Techn. Hochschule Karlsruhe

Abschluß des Heftes: 12. Mai 1951

Schriftleitung: i. V. Dr. F. Lauster. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung der ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Briller Str. 99, Postfach 1144, Fernruf 377 08. Verlag: VDE-Verlag GmbH, Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 111, Postschloßbach 1144. Fernruf 379 59. Postcheckkonto Köln 987 48. Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH, wie oben. Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag (Preis DM 12,80 halbj. einschl. Zustellgebühr), für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18,— halbj. zuzügl. Zustellgebühr). Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.

Umkehr-Stromrichter für Walzwerks-Antriebe

Zahlreiche Hauptantriebe und Hilfsantriebe in Walzwerken erfordern betriebsmäßige Drehrichtungsumkehr und Drehzahlregelung über ihren gesamten Drehzahlbereich. Hierfür kommen bevorzugt Gleichstrommotoren in Frage. Die meist als Drehstrom zur Verfügung stehende Netzenergie muß daher umgeformt werden, wofür bisher hauptsächlich Maschinenumformer verwendet werden mit Leonardsteuerung. Bei Hauptantrieben werden Schwungmassen zum Belastungsausgleich nach dem Ilgner-Prinzip mit dem Umformer gekuppelt. Die Umformungsverluste erhöhen den Energieverbrauch von Umkehrantrieben. Die geringeren Verluste von Gleichrichtern bieten daher einen Anreiz, diese Umformerart für Umkehrantriebe zu verwenden. Die Drehzahlregelung der Antriebe kann ohne Schwierigkeiten mittels Gittersteuerung erfolgen, für die Drehrichtungsumkehr muß bei Eingefäßspeisung, die aus wirtschaftlichen und betrieblichen Gründen für Walzwerksantriebe in erster Linie in Frage kommt, Ankerumschaltung vorgesehen werden. Das hierfür erforderliche Schaltgerät muß der großen Schaltfähigkeit bis zu 1200 Schaltungen/h und evtl. mehr gewachsen sein. Außerdem muß eine Gewähr für Umschaltung im stromlosen Zustand gegeben sein.

Die AEG hat für Umkehr-Stromrichter-Antriebe eine Schaltung und Geräte entwickelt, die diesen Anforderungen gerecht werden. Das Hauptmerkmal der AEG-Schaltung nach dem nebenstehenden Schaltbild besteht in der Gittersteuerung des Stromrichters mittels Phasenschwenkschaltung durch Veränderung des Vormagnetisierungsstromes von Drosselspulen an Stelle der bisher üblichen Drehregler. Weiterhin ist die Befolgung von regeltechnischen Grundsätzen an Stelle der bisher üblichen steuertechnischen bemerkenswert. Mit dem Steuerschalter wird jeweils ein Drehzahl Sollwert vorgegeben, der mit dem Drehzahlwert verglichen wird. Die Steuerung regelt selbsttätig Unterschiede zwischen diesen beiden Werten aus. Hiermit ist eine äußerst geringe Ansprechzeit erreicht, und der Bedienungsmann kann seine Aufmerksamkeit voll und ganz dem Walzvorgang widmen. Ergänzt wird die Steuerung durch eine Strombegrenzungseinrichtung, die den Strom bei Beschleunigung und im Walzbetrieb auf ein vorher eingestelltes Höchstmaß begrenzt. Der Steuerschalter für einen Umkehr-Stromrichter-Antrieb nach der AEG-Schaltung ist ein kleines handliches Gerät, ähnlich den Meisterschaltern für Walzwerkshilfsantriebe, das beliebig schnell und häufig betätigt werden kann.

Die Phasenschwenkschaltung über den Vormagnetisierungsstrom ermöglicht die Ankerumschaltung bei einwandfrei stromlosem Zustand, da jedem Stromwert ein eindeutiger Aussteuerungs-

zustand des Stromrichters entspricht. Bei Rückführung des Steuer-schalters überwiegt der Drehzahlwert den Drehzahl Sollwert. Dann wird der Stromrichter selbsttätig auf höchste Wechsel-richterspannung umgesteuert, der Ankerstrom wird Null, es erfolgt die Umschaltung, ein Rückstrom vom Motor kann erst auftreten, wenn die nach dem Umschalten selbsttätig einsetzende Ver-ingerung der Wechselrichter-Gegenspannung entsprechend herab-ge-regelt ist. Der Umschalter braucht daher keine besondere Aus-führung für Schaltungen unter Strom aufzuweisen.

Die einwandfreie Wirkungsweise der AEG-Schaltung ist aus dem nachstehenden Oszillogramm eines Umkehrvorganges ersichtlich, das an einer Großversuchsanlage mit einem schnell-laufenden 1000-kW-Motor in den AEG-Fabriken Brunnen-straÙe, Berlin, aufgenommen wurde, wobei die Umsteuer-einrichtung eines zur Zeit im Bau befindlichen 100-mt-BlockstraÙen-Umkehrantriebes benutzt wurde. Der Motor konnte aus betriebstechnischen Gründen nicht belastet werden. Aus dem Oszillo-gramm ist deutlich ersichtlich, wie der Leerlaufankerstrom bei der Sollwertumschaltung, die einem Herumreißen des Steuerhebels aus einer Grenz-lage in die andere entspricht, auf Null absinkt, es folgt die stromlose Pause von knapp 0,3 s, innerhalb der die An-kerumschaltung erfolgt, da-nach erfolgt die Abbremsung, wobei der Bremsstrom inner-halb kurzer Zeit auf den ein-gestellten Höchststromwert ansteigt, denselben beibehält, bis der Stromrichter auf Gleichrichterbetrieb umge-steuert ist und der noch etwas

größere Beschleunigungsstrom einsetzt. Der Antrieb wurde hierbei mit Feldschwächung gefahren, wie aus der Erregerstromkurve ersichtlich ist. Der Erregerstromkreis wird ebenfalls aus einem Strom-richter gespeist, der mittels Gittersteuerung nach ähnlichen Grund-sätzen geregelt wird.

Die AEG-Umkehr-Stromrichter-Steuerung ersetzt nicht nur vollwertig die bisherigen Maschinensteuerungen, sondern übertrifft diese in vielen Beziehungen. Umkehr-Stromrichter-Antriebe können daher ohne weiteres an den ihnen in Walzwerken zukommen-den Stellen verwendet werden. Zu berücksichtigen ist bei ihrem Einsatz die ungedämpfte Übertragung der Lastspitzen auf das speisende Netz, verbunden mit Blindlastspitzen, die auf die Spannungshaltung des Netzes zurückwirken. Eine Herabsetzung der Blindlastspitzen kann durch eine besonders ausgebildete Gittersteuerung erreicht werden, für die weitere Entwicklungen gleichfalls von der AEG durchgeführt wurden. Hierbei erreichen diese Spitzen etwa 50 % der bei einer normalen Gittersteuerung auftretenden Werte. Bei Einsatz eines Umkehr-Stromrichters bedarf auf jeden Fall die Netzfrage jeweils einer eingehenden Klärung.

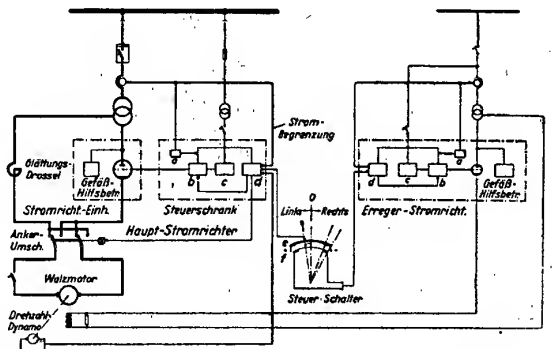


Abb. 1 Umkehr-Stromrichter mit Anker-Umschaltung
a = Gitter-Sperrung c = Negative Vorspannung e = Drehzahl-Sollwert
b = Impuls-Gerät d = Regler f = Erregerstrom-Sollwert

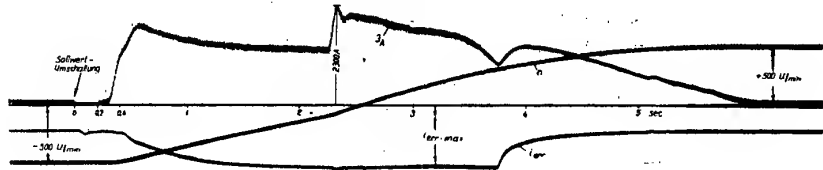


Abb. 2 Leerlauf-Umkehrvorgang
JA = Ankerstrom Ierr = Erregerstrom n = Drehzahl

XL

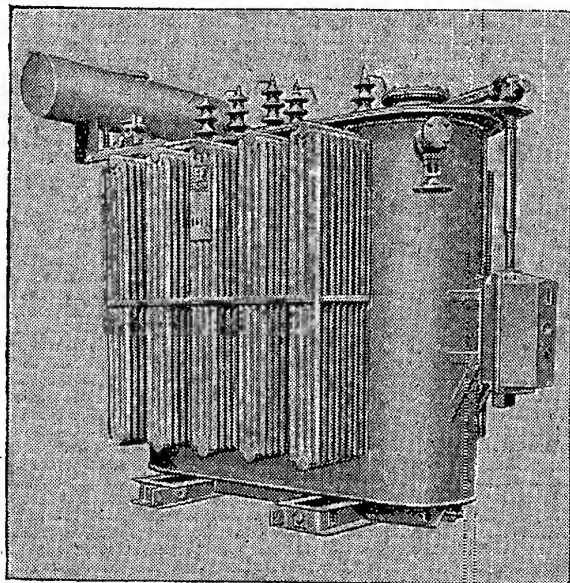
Elektrotechnische Zeitschrift 72. Jahrg. Heft 11

1. Juni 1951



Transformatoren

bis 16 MVA



Frankfurter Transformatoren-Fabrik

M. Topp & Co

Oberursel / Taunus

BOGENSCHÜTZ

Vollschutz - HOCHLEISTUNGS-
SICHERUNGEN

NH 500 VOLT-UND~

BIS ZUM GRENZSTROM
DAUERBELASTBAR
HOHE KURZSCHLUSSLEISTUNG
KURZSCHLUSSFLINK
FLINKE ODER VERZÖGERTE
STROMZEIT-KENNLINIE
BETRIEBSKALTES ARBEITEN
GERINGER EIGENWATT-
VERBRAUCH

**DIE IDEALE BETRIEBSKALTE
SICHERUNG ZUR ÜBERWINDUNG
LANGFRISTIGER NETZSPITZEN.**

RUDOLF BOGENSCHÜTZ
ELEKTROTECHNISCHE SPEZIALFABRIK
FRANKFURT - MAIN - HÖCHST

El.-Ap.
Warenzeichen

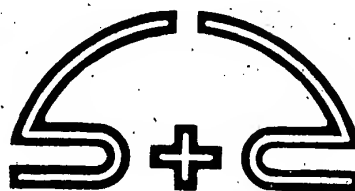
Sch

Schlagwettergeschützte

**Geräte
Leuchten
Abzweigdosen
Verbindungskästen**

Oberleitungsmaterial für
Grubenbahnen

Elektro-Apparate Kom.-Ges. **Gothe & Co.**
Mülheim-Ruhr



Hoch- und Niederspannungs-
Porzellane

Montiertes Installationsmaterial

Kunstharzpresserei

Kronacher Porzellanfabrik
Stockhardt u. Schmidt-Eckert G.m.b.H.
Kronach (Bayern)

BINDER
Elektromagnet
 PLATTEN u. FUTTER



VERSCHIEDENE AUSFÜHRUNGEN
in allen Größen

WILHELM BINDER
 MASCH.-U. ELEKTRO-APP.-FABRIK
 VILLINGEN • SCHWARZWALD

BINDER
Elektromagnetische
 HUBANTRIEBE



VON 0 BIS 500 cmkg
für alle Stromarten

WILHELM BINDER
 MASCH.-U. ELEKTRO-APP.-FABRIK
 VILLINGEN • SCHWARZWALD

Messen

**FABRIKATIONS
 PROGRAMM**

Autogene Metallbearbeitung
Schweiß-Anlagen und -Geräte:
 Azetylen-Entwickler, freizügig und artsfest
 Schweiß-, Schneid- und Lötbrenner
 Mehrflammen-Maschinen-Brenner
 Druckminderventile, einstufig und mehrstufig
 Zentrale Sauerstoff-Versorgungs-Einrichtungen
 Konstantdruck-Verfahren, Gleichdruck-Verfahren

Flußmittel
Autogen-Brennschneidmaschinen:
 Hand-Schneidmaschinen, Spezialschneidmaschinen
 Ortsfeste Universal-Schneidmaschinen

Oberflächenhärtung:
 Oberflächenhärtemaschinen
 Spezialbrenner für Schienen-, Wellen- und
 Zahnradhärtung

Elektro-Schweißung
Widerstand-Schweißmaschinen:
 Einzel-, Doppel- und Vielfach-Punkt-Schweißmaschinen
 Bewegliche Punktschweißwerkzeuge
 Naht-Schweißmaschinen, Niet-Erhitzer, Elektra-Essen
 Stumpf- und Abbrenn-Schweißmaschinen

Lichtbogen-Schweißmaschinen:
 Schweißtransformatoren
 Schweißumformer, Schweißgeneratoren
 Mehrstellen-Schweißaggregare, Diesel-Schweißaggregare

Induktions-Erwärmungs-Anlagen
Umhüllte Lichtbogen-Schweißelektroden:
 Preßmantel-Elektroden, getauchte Elektroden

**Großanlagen für Schweißtechnik
 und chemische Industrie**
Azetylen-Erzeugungs-Anlagen
 zur Herstellung von gelöstem Azetylen (Dissousgos)
 und für chemische Zwecke

Gasgemisch-Zerlegung
 Sauerstoff-Stickstoff-Gewinnungsanlagen
 Hochdruck-Anlagen zur Erzeugung von flüssiger Luft
 Gasgemisch-Zerlegungsanlagen zur Gewinnung von
 Wasserstoff-Stickstoff-Gemisch für die Ammoniaksynthese,
 Reinwasserstoff, Äthylen, Methan u. ä.

ADOLF MESSER G.M.B.H.
 FRANKFURT AM MAIN

0820

**DIESEL
NOTSTROM
ANLAGEN**



M.A.N.

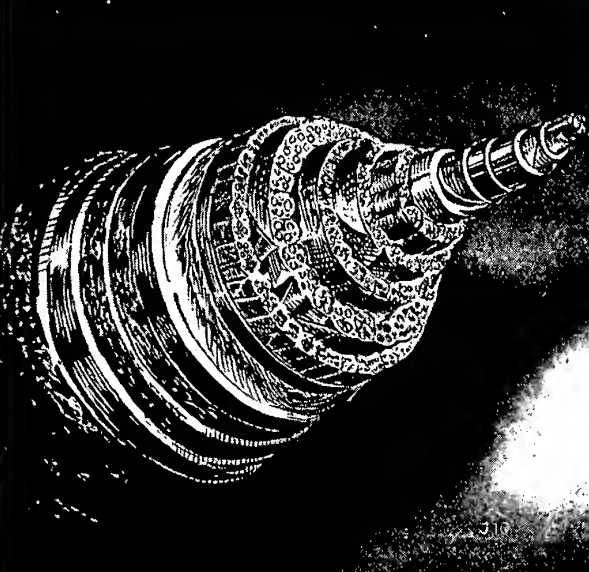
MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NÜRNBERG A.G. WERK AUGSBURG



KAUTT & BUX
SPEZIALFABRIK FÜR KOLLEKTOREN
UND SCHLEIFRINGKÖRPER



STUTT GART - VAIHINGEN
TECKSTRASSE 35
TELEFON 78354/55



TEKADE
KABEL · DRAHTE · SEILE

TE KA DE NÜRNBERG 2 SCHLISSFACH 98

ELTRA



**Flachrohr-
Heizstäbe**

D.R.P. u. Ausl. Pat.

Für

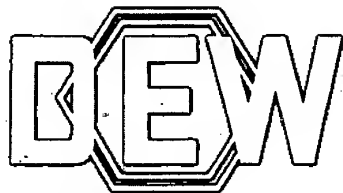
Flüssigkeitserwärmung
z. B. Tauchheizkörper mit Schraubkopf für Wasser, Laugen und Öl,
Flanschheizkörper für Heißwasserbereiter, Boiler und Dampfer-
zeuger,
Kühlwasserheizkörper für Gleichrichteranlagen, Zugmaschinen,
Personenkraftwagen und Lastkraftwagen;

Maschinen- und Werkzeugbeheizung
z. B. Ring-, Flach-, und Wendelheizkörper für Spritzautomaten,
Gießformen, Heizplatten, Preßstoffwerkzeuge, Zinnbäder, Selz-
bäder und Drahtlackiermaschinen;

Lufterwärmung
z. B. Heizstäbe für Trockenanlagen, Klimaanlage, Lufterhitzer
und Gaserhitzer;

Gewerbe und Haushalt
z. B. Heizkörper und Heizstäbe für Brotbacköfen, Wanderöfen,
Grillapparate, Kippbratpfannen, Fischbratpfannen, Fleischerei-
kessel, Kaffeemaschinen, Wärmeschränke, Wärmtische, Spülma-
schinen, Waschmaschinen, Futterdämpfer, Wasserkocher, Groß-
küchen- und Haushalterde.

Elektrobau Leicht & Trambauer K.-G., Pfungstadt
Ruf 262, Pfungstadt — Telegramme: Elektrobau Pfungstadt



OERSTIT DAUERMAGNETE UND MAGNETSYSTEME

FÜR ALLE ZWECKE DER ELEKTROTECHNIK

GESINTERT,

GEGOSSEN

UND AUS WALZSTAHL
IN BESTER QUALITÄT
UND AUSFÜHRUNG.

DEUTSCHE EDELSTAHLWERKE

AKTIENGESELLSCHAFT

MAGNETFABRIK DORTMUND

DORTMUND-APLERBECK • POSTFACH 21



*Bleikabel
aller Art*





ELEKTRISCHE GASREINIGUNG
und
ENTSTAUBUNG
von Gasen aller Art und Menge,
durch **ELEKTROFILTER**
Für die Reinigung von Rauchgasen unentbehrlich

LURGI

APPARATEBAU - GESELLSCHAFT m. b. H.
FRANKFURT AM MAIN - LURGIHAUS

VORWERK

ISOLIERBAND



BLEIBT UNERREICHT

Vorwerk & Sohn, Wuppertal-Barmen

Präzisions-Meßgeräte



MESSGENERATOR MIT 3 DEKADEN
10 Hz - 111 kHz, symmetr. Ausgang, Frequenzunsicherheit $\pm 0,1\%$, Spannungskonstanz $\pm 2\%$

TIEFTONGENERATOR
0,1 Hz - 1000 Hz, Spannungskonstanz $\pm 2\%$

Unsere Präzisions-Meßgeräte sind ideal geeignet für Laboratorium und Prüffeld. Unsere weiteren Geräte: Pegelsender - Pegelmesser - Überlagerer - Netzspeisegerät - Klirrfaktor-Meßgerät - Hoch-, Tief- und Bandpässe . . .

Unsere Druckschriften geben genaue Daten

WANDEL UND GOLTERMANN
Rundfunk- und Meßgeräte - Reutlingen/Württ.

A R D O R I TFeinkeramische Isolierpreßkörper
für die Elektro-Industrie

Widerstandsträger aller Art

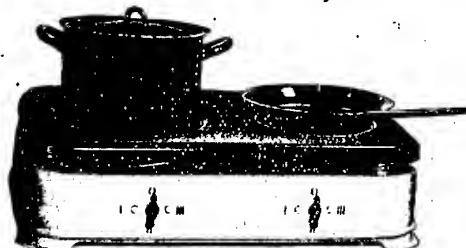
Niederspannungs-Isolationsmaterial bis
zu den größten Abmessungen

Einbettmasse

Kerakitt

Elektrokeramik

G. m. b. H., (Witten - Ruhr)

ELEKTROHERDE von der einfachsten bis zur Luxus-
ausführung liefert samt **Elektrospezialgeschirren** aus
Aluminium und Pyritstahl

Gegr. 1524

CHRISTIAN WAGNER, Esslingen a. N. 16

Metallwaren- und Elektrotechn. Fabrik



Einphasen-Transformatoren
bis 35 kVA



Drehstrom-Transformatoren
bis 50 kVA



Vorschalt-Transformatoren
f. gewerbliche Zwecke und Haushalt



Schutz-Transformatoren



Streufeld-Transformatoren
für Neon-Beleuchtung



Drosselpulen für Leuchtstofflampen



Drosselpulen für Quecksilber-
dampflampen



Spezial-Transformatoren
für jeden ind. Verwendungszweck



MAY & CRHISTE
TRANSFORMATORENFABRIK
(16) OBERURSEL/TS



Stromag

Schlitzabdeckung DRF
für Schleifleitungskanäle

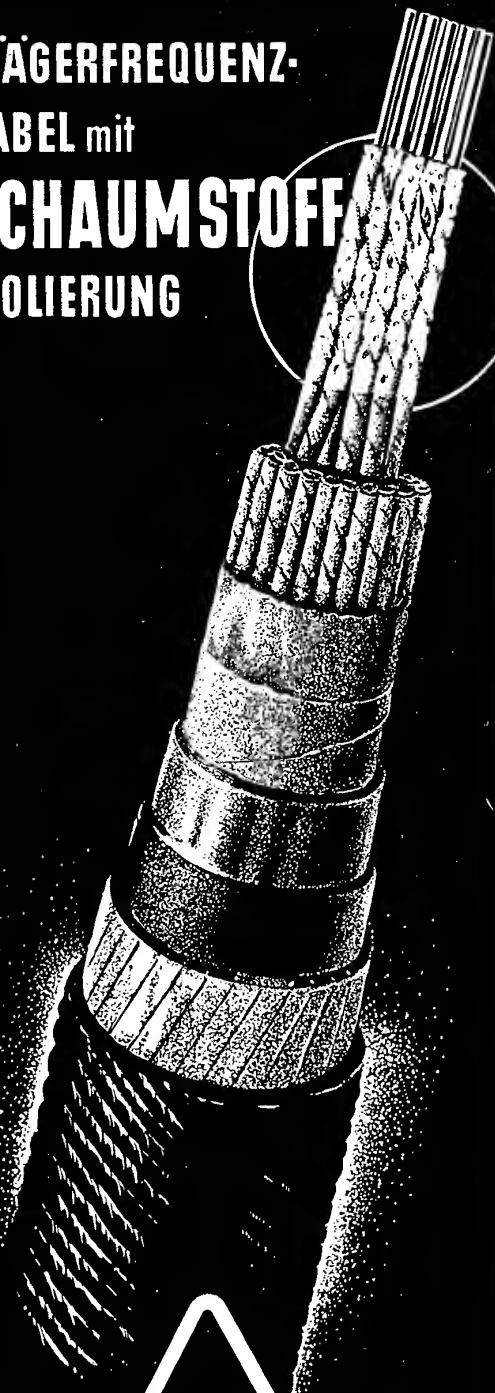
Maschinenfabrik Stromag

Unna i. Westf.

Postfach 651

Ruf 2751 - 54

**TRÄGERFREQUENZ-
KABEL mit
SCHAUMSTOFF-
ISOLIERUNG**



SÜDDEUTSCHE KABELWERKE MANNHEIM

Für Kondensatoren, Anker, Statoren, Spulen, Kabel
 Transformatoren, Isolierrohre, Masten
 Schwellen u. s. w. bis zu den
 größten Abmessungen

Vakuum-Tränkanlagen

Fabrikation
 seit über 25 Jahren
 in eigenem modernen Werk



Prometheus-Werke
 Gesellschaft für Apparatebau m. b. H.
 Hannover-Herrenhausen

STARKSTROMKABEL
 FERNMELDEKABEL
 ISOL. LEITUNGEN

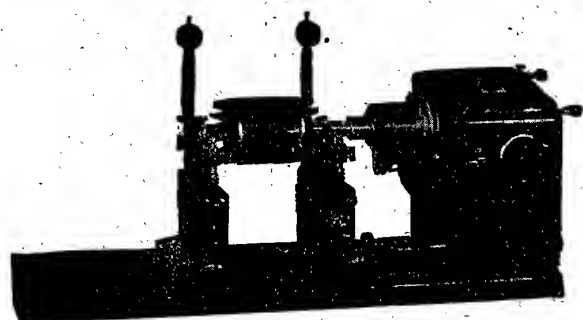
LAND- u. SEEKABELWERKE
 AKTIENGESELLSCHAFT · KÖLN · NIPPES

Müssen
**LEUCHTSTOFF
 LAMPEN**
 beim Einschalten
FLACKERN?
NEIN!
 ...denn das Vorschaltgerät

WIGO  **RAPID**

garantiert sofortiges flackerfreies
 Aufleuchten der Lampen

WIGO VERKAUFSGESELLSCHAFT MBH. SCHWENNINGEN/NECKAR



Schnell-Wuchtmaschinen Univers.-Wuchtmaschinen

Vertrauenssache!

Seit 2 Jahrzehnten haben wir uns ausschließlich auf
 den Bau von Wuchtmaschinen spezialisiert und sind
 deshalb ganz besonders leistungsfähig

Gebr. Hofmann, Darmstadt · Spezialfabrik für Wuchtmaschinen



1. Juni 1951

Elektrotechnische Zeitschrift 72. Jahrg. Heft 11

XLVII

ARCUS

Erzeugnisse



in der Praxis
allen Anforderungen
gewachsen!

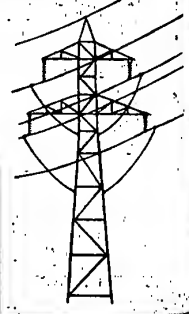
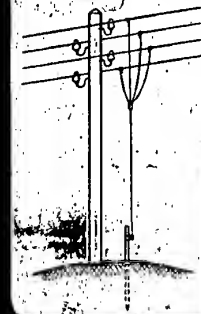


Kopf-Klemmen
für Sicherheits-
Erdungen und
Stromentnahme



D.R.P.

Sicherheits-Erdungen
an Holzmasten an Gittermasten



A. SCHIFFMANN · SPEZIALFABRIKATE DER ELEKTROTECHNIK · MÜNCHEN 13 · ADALBERTSTR. 40-42 · TEL. 34329

Deisting

Installations

Apparate



AUFPUTZ

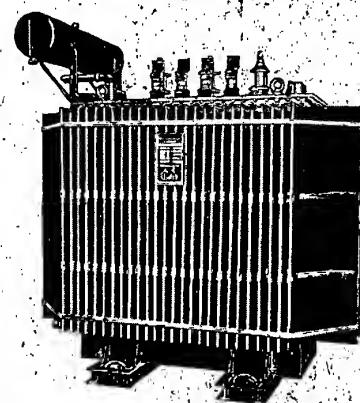
EINGEPUTZ

UNTERPUTZ



SPEZIALFABRIK
ELEKTROTECHN. INSTALLATIONSAPPARATE

DR. DEISTING & CO. GMBH., KIERSPE i. W.



Fabrikation
Reparatur
Überholung
Umschaltung
Umwicklung
von
Transformatoren
und Drosseln
jeder Art
und Leistung

OLTRANSFORMATOREN bis 1600 kVA

Aus unserem Fabrikationsprogramm:

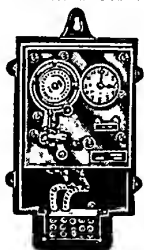
Trockentransformatoren bis 200 kVA, 10 kV
Mast-Transformatoren
Automatische Öl-Spannungsregler bis 160 kVA
Spezialtransformatoren
Stufenlose Regeltransformatoren
Stufentransformatoren
Schutztransformatoren
Leuchtröhrentransformatoren
Radio-Netztransformatoren
Modulationsdrosseln für Sendezwecke
Regeldrosseln
Kurzschlußdrosseln für Hochspannungsnetze
Drosseln aller Art
Radio-Siebdrosseln

Transformatorenfabrik Tübingen
(14b) TUBINGEN, in der Au



nordkabel

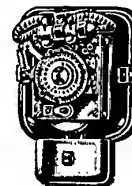
NORDDEUTSCHE KABELWERKE AKTIENGESELLSCHAFT · BERLIN · NEUKÖLN



Spezial-Schaltfuhren für Treppenhaus-Beleuchtung

Schaufensterbeleuchtung, Futterdämpfer
und Dämmschaltung für Hühnerställe

J. G. Mehne GmbH., Elektrof. u. Uhrenfabrik, Schwenningen a. N.



KACO

**ZERHACKER
WECHSELRICHTER
WECHSEL-
GLEICHRICHTER**

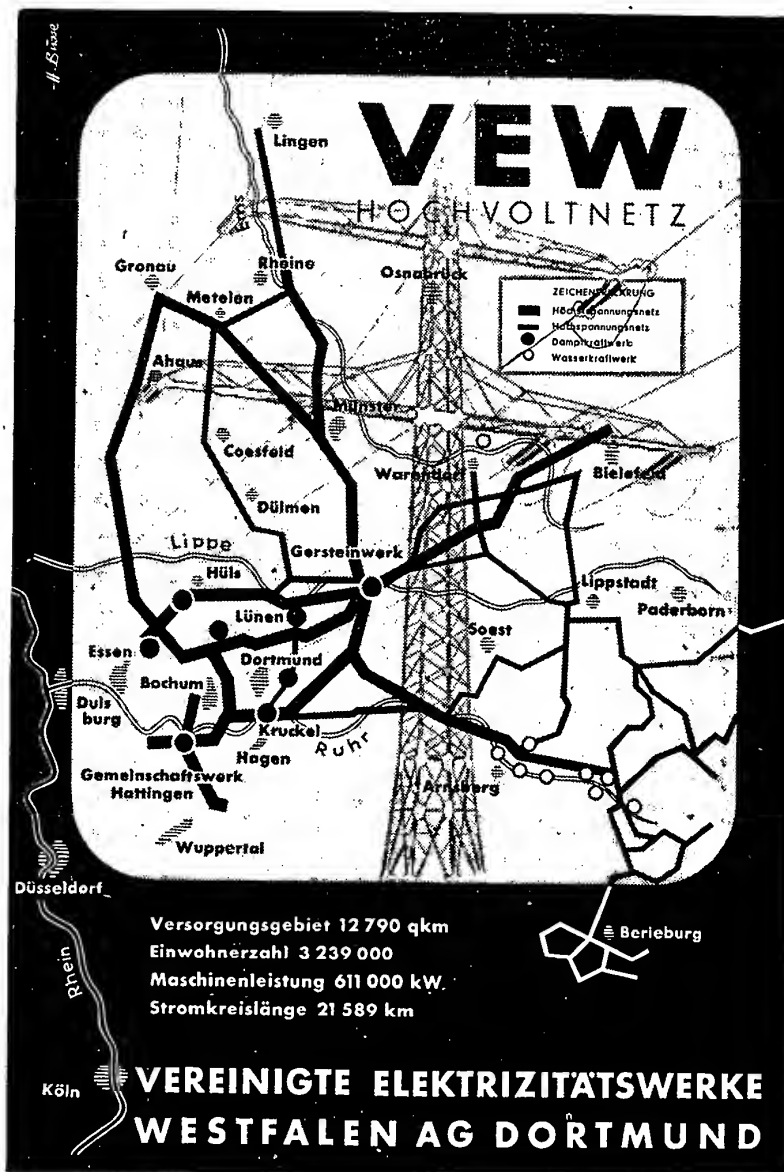
*Die bewährten
GLEICHSTROM
UMFORMER
mit hohem
Wirkungsgrad*

**KUPFER-ASBEST-CO
HEILBRONN**

Wir wickeln

**Relais- und
Magnetspulen**

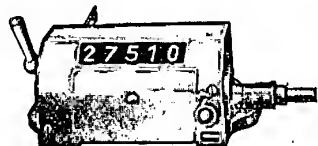
Walter Buhmann
Elektro-Apparatebau
Rangendingen 111 (Hohenz.)



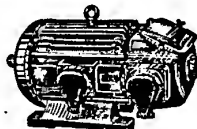
ZÄHLAPPARATE



für Leistungskontrolle
aller Art, wie Hub-,
Stück- u. Meterzähler,
Windungszähler mit
und ohne Abschaltung,
elektr. Fernzähler und
Spezialzähler



J. HENGSTLER, Komm.-Ges. (14b) Aldingen b. Spaichingen 40
Zählerfabrik



Drehstrommotoren bis 200 PS
mit Schleifring oder Kurzschlußläufer
Kran- und Hebezeugmotoren
bis 300 PS

Wilhelm Claassen — Dortmund 38
Fabrik für Elektromotoren und Hebezeuge

1. Juni 1951

Elektrotechnische Zeitschrift 72. Jahrg. Heft 11

XLIX



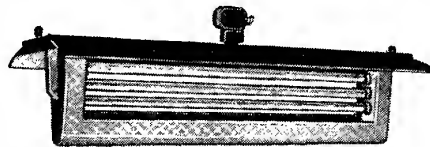
Transformatoren
für
**Licht-
Kraft-
Schweiss-
Prüf-
Zwecke**

Elektromotoren- u. Transformatorenfabrik
ELMOWA ^{GM}_{BH} **OLPE** (Westf.)

Vulkan - Straßenleuchte

DBPa

für Leuchtstofflampen 20 - 40 Watt



Neues Modell

Gewicht nur 14 - 27 kg

Die Leuchte zur Erreichung einer
breitstrahlenden, blendungsfreien,
verkehrssichernden Straßenbeleuchtung.



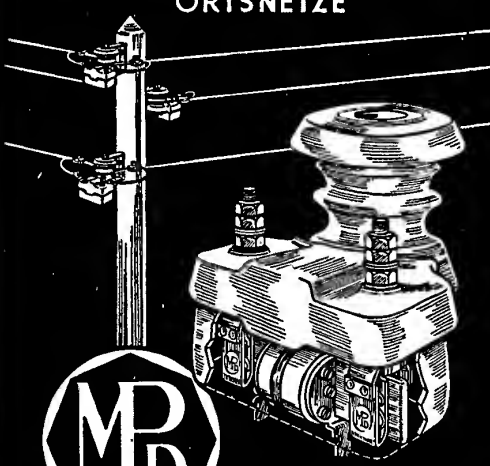

Vulkanlicht
seit 1898

Aktiengesellschaft Vulkan

Köln-Ehrenfeld 2 - Lichtstraße 43

Eisengießerei, Stanz- u. Emaillierwerk
Lichttechnisches Spezialwerk

NH-SICHERUNGSTRÄGER
FÜR NIEDERSpannungs-FREILEITUNGS-
ORTSNETZE

MAX PURRMANN K.G.
SCHALTGERÄTEBAU
DÜSSELDORF-HOLTHAUSEN
BONNER STR. 118

STROMWANDLER

REIHE 05
KLASSE 05
GEMÄSS
VDE 0414




PURRMANN & HERR
G.M.B.H.
FABRIK ELEKTR. MESSWANDLER
WUPPERTAL-BARMEN
TELLWEG 8 RUF: 58464

ANT. PREIS



Klein- und Großbetriebe aller Industrieländer
löten seit 1921 mit

ERSA



ERNST SACHS
Erste Spezialfabrik
elektr. LötKolben

SCHUTZMARKE


Berlin - Lichterfelde West (U.S. Sektor) - Wertheim a.M. Baden (U.S. Zone)

MUTH u. CO



**QUECKSILBER-
SCHALTER**

NÜRNBERG

MAUSER

Elektro Futterdämpfer



*Zum Dämpfen aller Futtermittel,
Hochen, Sterilisieren u. Einkochen.*

MAUSER WERKE G.m.b.H. WALDECK HEIZDICK
KASSEL



DELBAG

DELBAG-LUFTFILTER GmbH
BERLIN-MALENSEE - FERNRUUF 97 75 76
DUSSELDORF-HEERDT-AMT NEUSS 2105

LUFTFILTER

für Industrie - Hygiene - Fahrzeuge

Insbesondere zur
Reinigung der Kühleuft
für elektr. Maschinen, Turbo-Ge-
neratoren, Fördermaschinen, Jilg-
ner Umformer, Transformatoren,
elektrisch. Lokomotiven und andere

Reinigung der Ansaugluft
beim Betrieb von Kolben-, Rota-
tions- und Turbokompressoren, Ge-
bläsen, Luftpumpen, Luftdruckbrem-
sen, Preßluftwerkzeugen, Brenn-
kraftmaschinen aller Art

Für jeden Zweck das geeignete

DIELEKTRIKUM

Pertinax-Hartpapier
Durcoton-Hartgewebe
Glimmer-Erzeugnisse
Nutenisolationen
Excelsior-Ölleinen
Excelsior-Ölpapier
Excelsior-Ölschläuche
Emplex-Isolierschläuche
Pertinit-Preßteile

ferner:

Lackdrähte — Schaltdrähte
und die Erzeugnisse
unserer Kondensatoren-Fabrik:

Durchführungen für hohe Spannungen
Phasenschieber-Kondensatoren
Kopplungs-Kondensatoren
Kondensatoren für Stoßprüfanlagen
Kondensatoren für die Elektromedizin

DIELEKTRA

AKTIENGESELLSCHAFT

PORZ

(RHEIN)

GASDRUCK-RELAIS



FRANZ BAUMGARTNER
FABRIK ELEKT. APPARATE
BERG. GLADBACH - KÖLN

Elektromotoren und Generatoren

aller Leistungen,
Spezialität: Großmaschinen,
liefert

Adam Baumüller G. m. b. H.
Marktreidwitz 15

Derzeitiges Lager: 2350 Moto-
ren u. Generatoren bis 1000 PS

Nicht so!

FÜR
INDUSTRIEANLAGEN

Staffel-Klemmen

CAWEIDMÜLLER - BERLEBECK u. DETMOLD

Quecksilber-Schaltröhren

Willy Günther
Nürnberg, Humboldtstrasse 39
Spezialfabrik für Quecksilber-Schaltröhren

DACHSTÄNDER-EINDECKBLECHE

einteilig und nach DIN 48170

ANKER-EINDECKBLECHE

einteilig, zweiteilig und mit
DREHBAREN STÜTZEN

Mastkappen
Verzinkte Aussteigkläden
Verzinkte Erdplatten

Robert Brückel, Lang-Göns (Hessen)
Fabrikation von Blechwaren



BRÜCKEL
LANG / GÖNS

KOLOPHONIUMZINN
LOTZINN (DRAHT, BAND, PULVER)
LOTMASSE - LOTWASSER - LOTPASTE
SCHWEISSPULVER - SCHWEISSSTABE
HARTLOTE SILBERLOTE



WILH. PAFF
LOTMITTEL
FABRIK STANNOL
WUPPERTAL
BARMEN

Schnellregler System Tirrill

für Spannungs-, Strom-, Drehzahl-, Leistungsfaktor- und Elek-
trodenregelung,
für Dreh- und Gleichstromgeneratoren bis zu den größten
Leistungen.

Spezialausführung

weitgehend unempfindlich gegen Erschütterungen. Einwand-
freie Regelung in jeder Lage. Patent angem. Erste Referenzen.

Wir lösen alle Regelaufgaben.

Reta-Elektra (21 b) Augustenthal - Westf.

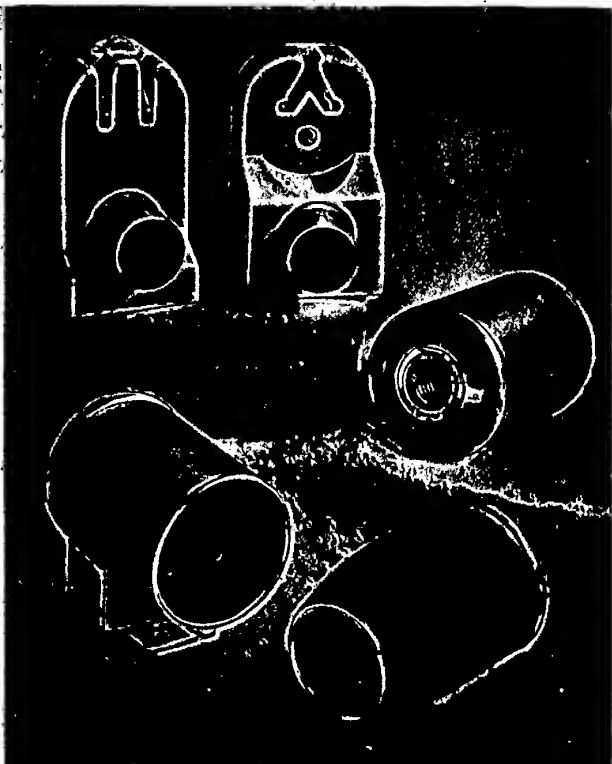
ELEKTRISCHE KLEMMEN

BAUART-STAFFEL

früher
heute

für Industrieanlagen

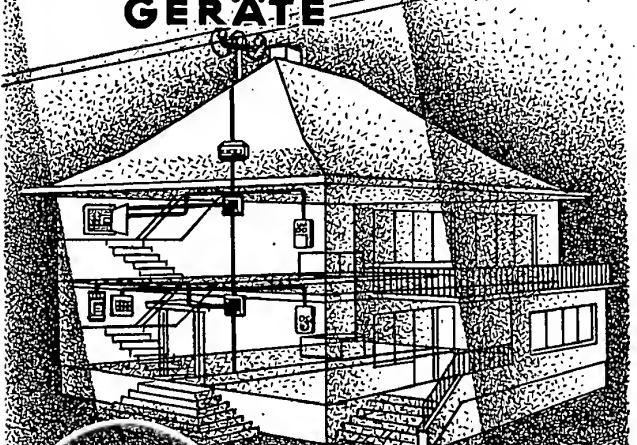
CAWEIDMÜLLER
BERLEBECK u. DETMOLD



Fassungen (Patent angemeldet)
für Leuchtstofflampen

VOSSLOH-WERKE GmbH · WERDOHL (WESTF.)

Vom Dach bis zum Keller
STOTZ
Hausanschließ-
GERÄTE



BBC
KLEINFABRIKATE

HAUSANSCHLUSS-SICHERUNGEN
ETAGEN-ABZWEIGKASTEN
ZÄHLERTAFELN
VERTEILERTAFELN
HERDANSCHLUSSGERÄTE
SICHERUNGS- UND
SCHALTAFELZUBEHÖR

BROWN, BOVERI & CIE. AG., MANNHEIM



IVO

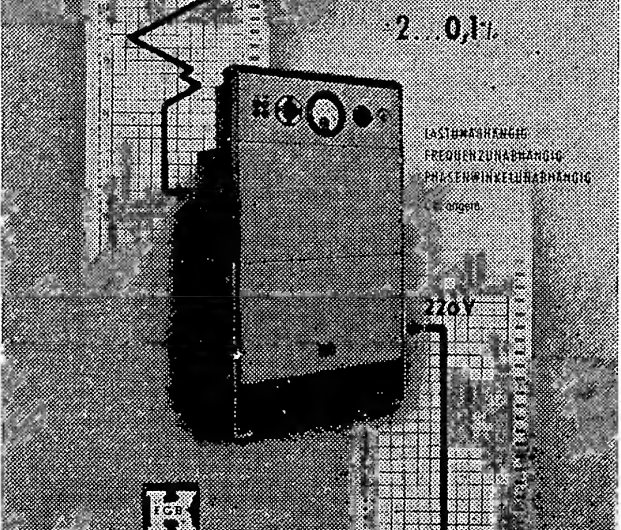
ZÄHLER
für alle Verwendungszwecke

Handtoureinzähler mit u. ohne Uhrwerk „Probator“, „Record“
Stückdrehzähler für Motoreopulstände
Stückzähler f. Handbetätigung
Stückzähler (Hub- u. Umdrehungszähler) zur Feststellung der Produktion von Maschinen u. Apparaten usw.
Spezialzähler für Pressen
Einstellbare Zähler mit elektr. od. mech. Abschaltung od. Signalgabe, z. B. für Dosier-Anlagen, Prüfanlagen, Wickelmachines, Längenmessungen usw.

Impuls-Fernzähler für elektrische Zählung von Vorgängen aller Art
Meterzähler für Längenmessungen und zum Anschluß an Meßmaschinen usw.
Zähler mit Abdruck des Zählergebnisses auf einer Karte oder Papierrolle
Auflagenzähler für das graph. Gewerbe, speziell f. Buchdruckmaschinen, Schnellpressen, Tiefdruckpressen usw.
Spezialzähler für besondere Zwecke

IRION & VOSSELER, ZÄHLERFABRIK
SCHWENNINGEN AM NECKAR WÜRTTEMBERG

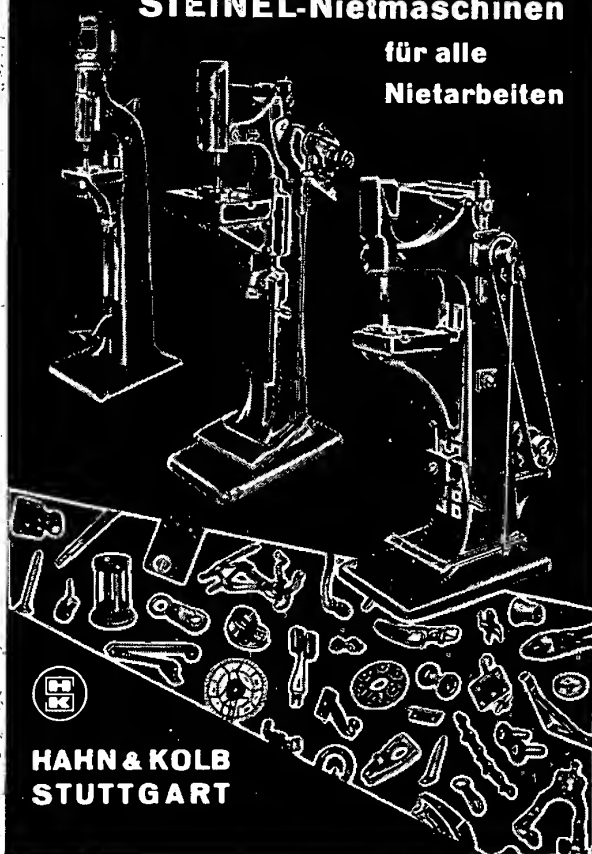
**AUTOMATISCHE
NETZSPANNUNGS-
KONSTANTHALTER**
2...0,1 V



LASTUNABHÄNGIG
FREQUENZUNABHÄNGIG
PHASENWECHSELUNABHÄNGIG
100% Leistung

220V

KLEIN

STEINEL-Nietmaschinenfür alle
Nietarbeiten*Heizleiter- u. Widerstands-Werkstoffe***Heizleiter-Werkstoffe**

Gronix-Extra	für Temperaturen bis 1200°C		
Gronix	"	"	1150°C
Gronifer II-Extra	"	"	1125°C
Gronifer II	"	"	1075°C
Gronifer III-Extra	"	"	1150°C
Gronifer III	"	"	1100°C
Aluchrom O	"	"	1300°C
Aluchrom I	"	"	1250°C
Aluchrom II	"	"	1050°C

Lieferformen: Drähte, Bänder, einbaufertige
Wendel aus Draht und Heizelemente aus Band

Widerstands-Werkstoffe

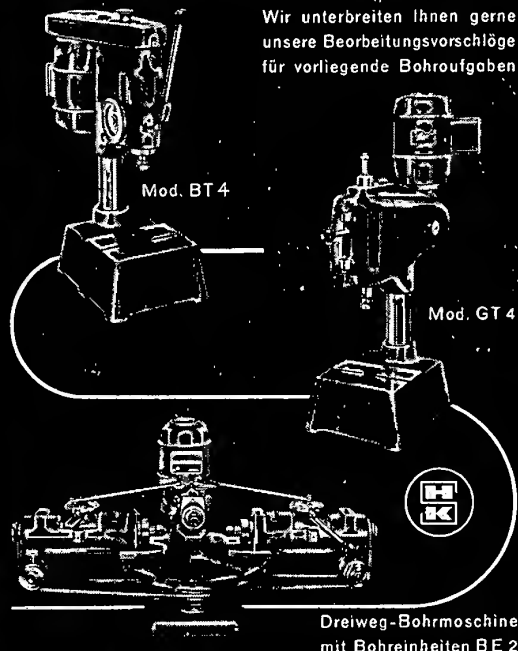
Konstantan	spez. Widerstand	0,49 Ohm mm ² /m
Novokonstant	"	0,50 " "
Nickelin	"	0,40 " "
zink-u.eisenfrei	"	" "

Lieferformen: Drähte und Bänder

VEREINIGTE DEUTSCHE METALLWERKE A.G.Zweigniederlassung **BASSE & SELVE**

001 C

ABTENA (WESTF.)

STEINEL**TISCH-BOHRMASCHINEN
TISCH-GEWINDEBOHRMASCHINEN**Wir unterbreiten Ihnen gerne
unsere Bearbeitungsvorschläge
für vorliegende Bohraufgaben**TELEFONBAU
UND NORMALZEIT**
LEHNER & CO. FRANKFURT A. M.

Fernsprech-Anlagen / Elektrische Uhren
Feuermelde-, Wächterkontroll-, Polizeinotruf-,
Sicherungs- und Alarm-, Lichtsignal-
und Fernwirk-Anlagen

Von den im VDI-Regelwerk
(Regeln · Richtlinien · Arbeitsblätter)
früher veröffentlichten VDI-Arbeitsblättern
sind folgende bisher wieder erschienen:

VDI

- 3010 Anleitung zur Wartung und Pflege der elektrischen Betriebsmittel an Werkzeugmaschinen (vierseitig)
- 3011 Anleitung zur Pflege von Drehbänken und Revolverdrehbänken
- 3012 Anleitung zur Pflege von Fräsmaschinen
- 3013 Anleitung zur Pflege von Rund- und Flächenschleifmaschinen
- 3014 Anleitung zur Pflege von mechanischen Pressen (Exzenter-, Kurbel-, Spindel- und Ziehpressen)
- 3015 Anleitung zur Pflege von Bohrmaschinen
- 3016 Anleitung zur Pflege von Horizontal-Bohr- und Fräswerken
- 3017 Anleitung zur Pflege von Wälzfräsmaschinen (Zahnrad-Fräsmaschinen)
- 3018 Anleitung zur Pflege von Wälzstoßmaschinen (Zahnrad-Stoßmaschinen)
- 3019 Anleitung zur Pflege von Wälzschleifmaschinen (Zahnrad-Schleifmaschinen)
- 3020 Anleitung zur Pflege von Langhobelmaschinen
- 3021 Anleitung zur Pflege von Schnellhoblern (Shapingmaschinen)
- 3023 Anleitung zur Pflege von Kurbelscheren und Abkantpressen
- 3028 Anleitung zur Pflege der Werkzeuge für spanlose Formung
- 3029 Anleitung zur Pflege der spanabhebenden Werkzeuge für die Metallbearbeitung
- 3031 Anleitung zur Pflege von Holzhobelmaschinen
- 3060 Anleitung zur Pflege von Autogen-Schweißanlagen
- 3061 Anleitung zur Pflege von Elektroschweißanlagen
- 3100 Erhaltung und Schutz zeitweilig stillliegender Maschinen

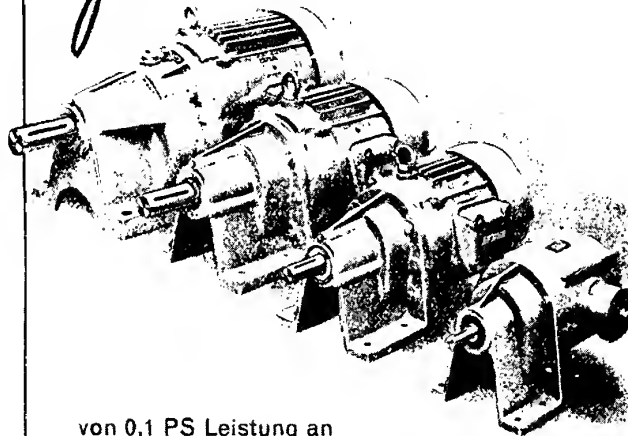
Der Preis eines zweiseitigen Arbeitsblattes beträgt DM 0,90
der eines vierseitigen DM 1,30

Bestellungen sind nur an den Verlag
oder den Beuth-Vertrieb GmbH., Köln, Friesenplatz 16, zu richten

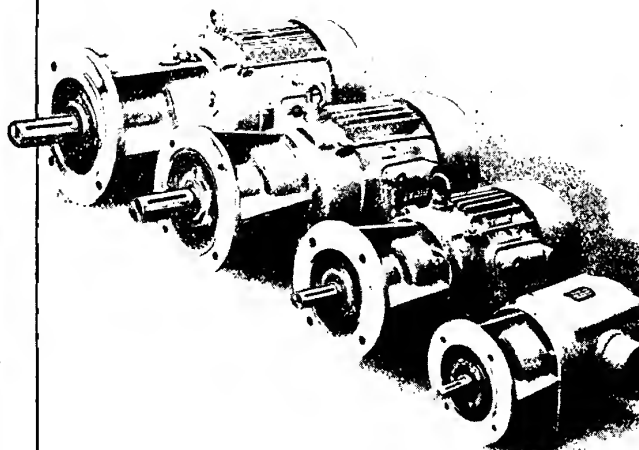
DEUTSCHER INGENIEUR-VERLAG GMBH

Verlag des Vereines Deutscher Ingenieure
Düsseldorf · Ingenieurhaus · Prinz-Georg-Straße 77

BAUER
Getriebe-Motoren



von 0,1 PS Leistung an
in Fuß- und Flanschausführung
zum direkten Antrieb langsamlaufender
Maschinen, Rührwerke und Apparate aller Art



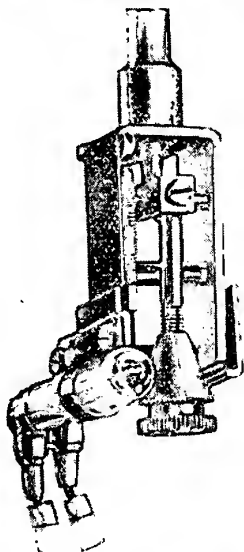
EBERHARD BAUER GMBH

ELEKTROMOTORENFABRIK

ESSLINGEN/NECKAR

THERMOSTATE

Vertreter gesucht



ING. RICHARD
FONOVITS
KOMMANDITGESELLSCHAFT
WIEN
XVII. RANFTLGASSE 17

Für unsere Verkaufsabteilung (techn. Markenartikel), welche in ganz Westdeutschland arbeitet (Kunden, insbesondere Industriebetriebe) suchen wir in unser Stammhaus - Nähe Heidelberg - einen

Verkaufsleiter

1. Kraft, Alter möglichst 30-40 Jahre,

der in der Lage ist, für ein großes Gebiet das Geschäft selbständig zu führen, Vertreter zu engagieren und einzuarbeiten, regelmäßig die Kundschaft zu besuchen, vom Schreibtisch aus eine erfolgreiche Verkaufskorrespondenz zu führen, sowie in Kartellwesen und Werbung Erfahrung besitzt. Erforderlich sind überdurchschnittliche kaufm. Erfahrungen, rasche Auffassungsgabe und absolute Zuverlässigkeit. Nur ausführliche Bewerbungen, die auch den Nachweis obiger Erfordernisse erbringen, mit lückenlosem, handgeschriebenem Lebenslauf, Angabe der Familienverhältnisse und Gehaltsansprüche, können berücksichtigt werden.

Angebote erbeten unter Nr. 9685, an WEMA, Ann.-Exp., Mannheim, B 4. 8.

Stadt Ulm/Donau.

Bei den Stadtwerken Ulm ist infolge Erreichung der Altersgrenze des jetzigen Stelleninhabers die Stelle des

Direktors des Elektrizitätswerks

neu zu besetzen. Die Anstellung erfolgt im Angestelltenverhältnis. In Betracht kommt nur erste Fachkraft (Dipl. Ing. — Fachrichtung möglichst Elektrotechnik —) mit vielseitigen Erfahrungen in der Leitung von größeren Elektrizitätswerken. Vorhanden sind 5 Wasserkraftwerke; ein großes Kraftwerk ist im Bau. Umsatz rd. 80 GWh.

Bewerbungen mit den üblichen Unterlagen (handgeschriebener Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften usw.) sind unter Angabe von Gehaltsansprüchen bis spätestens 15. 6. 1951 an das Bürgermeisteramt der Stadt Ulm einzureichen.

Der Vorstand der Berliner Kraft- und Licht (Bewag)-Aktiengesellschaft soll durch ein

zweites kaufmännisches und ein

zweites technisches Vorstands-Mitglied

(Chef-Elektriker / Netz-Fachmann) ergänzt werden.

Bewerbungen sind bis zum 15. Juni 1951 zu richten an den Regierenden Bürgermeister von Berlin, Berlin-Schöneberg, Rathaus, als Vorsitzenden des Aufsichtsrates der Bewag

Die Stadtwerke Augsburg suchen für ihre Abteilung Elektrizitätsversorgung

1 Elektro-Ingenieur (HTL)

mit gründlichen Kenntnissen in der Planung und Überwachung elektrischer Hoch- und Niederspannungsanlagen.

Die Bewerber müssen außerdem umfangreiche Erfahrungen auf dem Gebiete der Selektiv-Schutztechnik besitzen und an selbständiges Arbeiten gewöhnt sein. Alter nicht über 40 Jahre.

Einstellung erfolgt im Angestelltenverhältnis in Verg.-Gr. V a TO. A.

Herren, die diese Bedingungen erfüllen, werden gebeten, ausführliche Bewerbungen mit handgeschriebenem Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften, Spruchkammerbescheid und Angabe von Referenzen beim Städt. Personalamt Augsburg, Maxstr. 4, einzureichen.

Persönliche Vorstellung ist vorerst nicht erwünscht.

Niederspannungsschaltgeräte/Schütze, Nockenschalter, Anlaßgeräte.

Jüngerer befähigter Mitarbeiter

für konstruktive Entwicklungsarbeiten eines 100-Mann-Betriebs, Nähe Köln gesucht.

Angebote unter ETZ 174/51 an den Verlag.

Jungingenieur

mit abgeschlossener Hochschul- oder Fachschulbildung für Entwicklungsaufgaben auf dem Gebiet der Rundfunk- und Spezialröhren-Meßtechnik von Großfirma gesucht. Nur allerbeste Kräfte, die höchsten Ansprüchen genügen, werden gebeten, ausführliche Bewerbungsunterlagen mit Lichtbild, Zeugnisabschriften und Referenzen einzureichen unter ETZ 180/51 an den Verlag.

Verkaufs-Reisender für Glühlampen

von alt-eingeführtem Unternehmen zum Besuch von Industrie etc. gesucht.

Es kommen nur Bewerber in Frage, die bereits entsprechende Verkaufserfolge nachweislich erzielt haben.

Ausführliche Bewerbungen mit Zeugnis-Abschriften über bisherige Tätigkeit, Familien-Verhältnisse, Ansprüche etc. erbeten unter ETZ 179/51 an den Verlag.

Entwurfs-Ingenieur

für Niederspannungs-Verteileranlagen und Hochspannungsgeräte von größerem elektrotechnischen Werk in Nordrhein-Westfalen zum baldigen Eintritt gesucht. Es wollen sich nur Herren mit sehr guter Ausbildung melden, die flott und zielbewußt arbeiten. Bewerbungen mit handschriftlichem Lebenslauf, Lichtbild und Zeugnisabschriften unter Angabe des Gehaltsanspruches und frühesten Eintrittszeitpunktes unter ETZ 181/51 an den Verlag.

Jüngerer wendiger Elektroingenieur

25 bis 35 Jahre alt (Fachschulausbildung), für Planung, Bau und Betrieb von Hochspannungsanlagen (5/30 kV) zum sofortigen Dienstantritt gesucht. Bezahlung Gruppe VI a TO. A.

Bewerbungen mit handschriftlichem Lebenslauf und Zeugnisabschriften sowie Lichtbild sind zu richten an Hauptstadt Hannover, Personalamt.

Jüngerer Laborphysiker oder -techniker

mit Erfahrung in Nieder- und Hochfrequenzverstärkung von elektromedizinischem Forschungslaboratorium gesucht.

Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Gehaltsansprüchen an den Verlag unter ETZ 185/51.

Für das Grenzgebiet Elektrotechnik-Maschinenbau suchen wir einen selbständigen

Konstrukteur - (Gruppenführer)

möglichst mit Erfahrungen im Gerätebau u. Feinmechanik, der in der Lage ist, für vorliegende Aufgaben eigene Lösungen zu finden. (Dipl. Ing. bevorzugt.)

Erwartet wird: flotte Arbeitsweise und die Fähigkeit, seine Mitarbeiter entsprechend anzuleiten. Bewerbungen mit Zeugnisabschriften, handgeschr. Lebenslauf, Lichtbild, Angabe des frühesten Eintrittstermin und Gehaltsanspruch an

RINGSDORFF-WERKE GMBH., Mehlem/Rhein.

Für Abnahmen und Revisionen elektr. Anlagen, Anfertigung von Leitungs- und Robrnetzplänen usw. wird ein

Techniker oder Ingenieur

gesucht, der auch Erfahrungen im Gas- und Wasserfach besitzt. Ausführliche Bewerbungen mit Lebenslauf und Zeugnisabschriften sind bis zum 30. Juni einzureichen.

Stadtwerke Norden/Ostfriesland.

1. Juni 1951

Elektrotechnische Zeitschrift 72. Jahrg. Heft 11

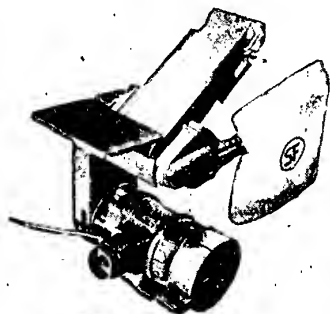
LV

Bonder

zur Rostverhütung und zur Steigerung der Korrosionsfestigkeit bei lackierten Stahlteilen

als elektrisch isolierende Trennschicht

METALLGESELLSCHAFT AG · FRANKFURT / M



Ein- und mehrstufige
Biegwellen-
Maschinen

Kleinband-
Schleifmaschinen

Elektrowerkzeuge

Verlangen Sie Liste 285 M



C.F. SCHEER & CIE.
STUTTGART-FEUERBACH

**KABELWERK
REINSHAGEN**
GMBH
WUPPERTAL-RONSDORF

Benzing Apparate

ZUVERLÄSSIGE HELFER
FÜR LOHNABRECHNUNG
UND KALKULATION



FRIED. ERNST BENZING
KONTROLLUHRENFABRIK · SCHWENNINGEN/NECKAR

SÜDDEUTSCHE ISOLATORENWERKE GMBH

SCHWARZWALDSTR. 8 FREIBURG I. BR. TELEFON 2300



Zählertafeln
Hausanschluß-Sicherungen
Verteiler
Abzweiggästen
Abzweigdosen
Dachständer-einführungen
Kabelstege
Deckel für
Zylinderendverschlüsse
Matarenklembretter
Zählertafelklemmen
Handgriffe
Porzellan-Isolierperlen
Isolierstoffpressteile
nach Zeichnung und Muster
Eigener Matritzenbau
Herstellung und
Verarbeitung
von Spezial-
Pressmassen



Fordern Sie unsere LAGER-LISTE über MODERNE VACUUM-APPARATE UND ANLAGEN

VACUUM-Trockenschrank-Anlagen
VACUUM-Trocken- und Tränk-Anlagen
VACUUM-Destillier-Anlagen
VACUUM-Umlauf-Verdampf-Anlagen
VACUUM-Rührwerks-Verdampf-Anlag.
VACUUM-Pökel-Anlagen
VACUUM-Färbe-, Spül- und Trocken-Anlagen
VACUUM-Oberflächen-Kondensatoren
WASSER-Destillier-Anlagen
PASSIER-Maschinen
Blanchier-Kessel · Autoclaven
Eichenbottiche je 3000 Ltr. Inhalt
Buchenschwertfässer 220 und 240 Ltr.
Bottiche und Fässer
in den verschiedenen Abmessungen

Arbeits-Programm für die

Elektro- und Radio- Industrie
kurzfristig lieferbar:

Vacuum-Transformatoren · Öfen bis zu den größten Abmessungen · Vacuum-Öltrockner · Ölerhitzer · Makro-Umlauf-Kühlanlagen
Vacuum-Trockenschrank-Anlagen für Akkumulatorenplatten · Vacuum-Trocken- und Tränk-Anlagen für Anker
Statoren, Kondensatoren, Spulen · Vacuum-Trocken- und Imprägnier-Anlagen für Isolierrohre · Vacuum-Imprägnier- und Lackier-Anlagen für Stahlrohre
Trockenöfen mit Heißluft-Umwälzhaltung · Wasser-Destillier-Anlagen
Über 1 000 Anlagen lieferten wir in den letzten Jahren

WIR BAUEN:

Für alle Industrien:
Vacuum-Trockenschrank-Anlagen
Vacuum-Trocken- und Tränk-Anlagen
Vacuum-Umlaufverdampfer
Vacuum-Verdampfer mit Brüdenverdichter · Vacuum-Destillier- und Extraktions-Anlagen · Vacuum-Schäufeltrockner · Vacuum-Rührwerksverdampfer · Vacuum-Zweifelzentrockner
Vacuum- u. Druck-Sterilisation-Apparate · Hoch-Vacuum-Pumpen · Vacuum-Pumpen · Vacuum-Naßluftpumpen
Für die Holz-, Preßstoff-, Kunststoff-, Leder-, Korkenindustrie:
Vacuum- (Druck) Tränk- und Trocken-Anlagen

Für die Schuhindustrie:
Vacuum-Trockenschrank-Anlagen zur Schuh Trocknung

Für die Fleischereien:
Vacuum-Pökelanlagen

Für die Metall verarbeitende Industrie:
Vacuum-Metallverdichtungs-Anlagen
Vacuum-Metallaufdampfungs-Anlagen

Für die Textil-Industrie:
Vacuum-Färbe- Spül- u. Trocken-Anlag.
Hoch-Vacuum-Dämpfautomaten m. elektrischer Steuerung und Schaltung

Für die Ton-Industrie:
Hoch-Vacuum-Anlagen

MAKO

VACUUM-APPARATEBAU G.M.B.H.
FRANKFURT AM MAIN 10
Forsthausstraße 97 · Postfach 1001
Tel. 6 30 51/53, Fernschr. Nr. 041142
Telegr.-Adresse: Mako Fim.

Elektrotechniker

Elektromaschinenbauer, Meister, Techniker, Ingenieur, mit allen im Elektro-Maschinenbau, Reparaturbetrieb anfallenden Arb., vorwiegend Gleichstrommaschinen, vertraut, für Westdeutschl. gesucht. Bes. Kenntnisse sind erwünscht auf dem Gebiete von Schweißumformern und

Kjellberg-

Schweißautomaten. Einstellung zunächst zur Probe. Für Unterkunft in möbl. Zimmer wird Sorge getragen. Bei Zufriedenstellung u. Festengagement wird auch Wohnung beschafft. Ausführl. Bewerb. m. Lebenslauf, Zeugnisabschr., Lichtbild, Referenzen u. Darlegung d. persönl. u. famil. Verhältn. unter ETZ 150/51 an d. Verlag.

Diplomingenieur,

Elektro, m. langjährigen reich. Erfahrungen im Schaltgeräte- u. Apparatebau, gute Fach- und Allgemeinbild., verantwortungsfreudig, vielseitig, ideenreich, zwölfjähr. Konstrukt.-Praxis in Großunternehmen., engl. u. franz. Sprachkenntn., z. Zt. ungekünd., sucht verantwortl. Stellung in Konstrukt., Entwicklung, Fertigung od. Patentwesen. Angeb. unter ETZ 176/51 a. d. Verlag.

Schaltanlagen-

Fachmann

mit reichen Erfahrungen in Planung, Berechnung, Konstruktion, Montage, Messung, einschließlich Reparatur elektrischer Maschinen und Geräte, sucht geeigneten Wirkungskreis; Fachschul-Ingenieur, 48 Jahre. Zuschriften erbeten unt. ETZ 178/51 an den Verlag.

Kabel-Meßgerät

Siemens

Gelegenheit, neuwertig, gebraucht. Sehr vielseitiges Gerät mit 30 verschiedenen Meß- und Einsatzmöglichkeiten. Beschreibung auf Anfrage.
Ing. B. Kaiser, Münchberg Ofr.
Helmbrechtstr. 8.

HF.-Ing.

30 Jahre. Vielseitig begabt u. interessiert. Erfahrungen in Montage, Installation, Schriftverkehr, Aquisition, Abnahme u. Prüffeld. KW- u. UKW-Amateur. Gute Erscheinung u. Umgangsformen. Angebote unter ETZ 175/51 an den Verlag.

Jg. Elektro-Dipl.-Ing.

Examen in Elektromaschinenb., 2 J. Praxis in Plan. u. Ausf. v. Hoch- u. Niedersp.-Anl. u. elektr. Antr., sucht sich zu verändern. Rhein-Main-Gebiet bevorzugt. Angeb. unt. ETZ 182/51 an den Verlag erbeten.

Gebrauchte evtl. defekte
Niederdruck- und Hochdruck-Ringwaagen
auch sonstige Temp.-Meßgeräte zu kaufen gesucht.

A. Gerlach, Elektrotechnik
Offenbach a. M., Goethering 11.

Fertigungs-Ingenieur

für die Fertigung von Fernsprengerät in postmäßiger Ausführung, Vermittlungseinrichtungen für Post- und Privatbedarf, Flach- und Rundrelais, Wählerscheiben, Sprech- und Hörkapseln etc. von mittlerem Betrieb gesucht. Es kommen nur Herren in Frage, die jahrelange Erfahrung in der Fließbandfertigung haben und Zeitstudien der Refa durchführen können. Ausführliche Angebote unter Angabe ihrer bisherigen Tätigkeit und des Eintrittstermins unter ETZ 186/51 an den Verlag.

Elektrotechnische Großfirma in Westfalen sucht

für die Abteilung Elektrofenbau einen tüchtigen

Konstrukteur

als Leiter der Konstruktionsabteilung. Bewerber, die über grundlegende Konstruktionserfahrungen verfügen und die erforderlichen Berechnungen durchführen können, werden gebeten, ihre Unterlagen einzusenden unter ETZ 187/51 an den Verlag.

Dipl.-Ing. (Starkstr.)

selbständig arbeitender

Konstrukteur

bisher tätig in Installationsgerätee- und Leuchtenfertigung, mit praktischen Kenntnissen im Prüfwesen und Patentbearbeitung sucht neuen Wirkungskreis. Angebote unter ETZ 184/51 an den Verlag.

Berechnungsingenieur m. langj. Erfah. in d. Berechn. all. Arten von elektr. Masch. sucht Stellg. Sondergebiet: Stromwickelwicklung für a>p (Froschbeinwickl.), Oberwellenarme u. polumschaltb. Wickl. (s. E & M), Drehstrom - Nebenschlußmotore (s. A. f. E.). Ang. an Schack-Nielsen, Kopenhagen - Søborg, Gladsaxevej 88/90 Dänemark.

Jüngerer Diplomingenieur,

Fachrichtung Elektrotechnik zur Durchführung von revisions- und meßtechnischen Arbeiten im Bergbau zum baldigen Eintritt gesucht. Herren mit bergtechnischen Kenntnissen werden bevorzugt. Ausführliche Bewerbungen an
Technischer Überwachungs-Verein Essen, Essen, Herkulesstr. 1-5.

Infolge Umstellung

1/3 PS
9/7,5 PS
2/5,5 PS
1/15 PS
D/Motoren 220/380 V

preiswert abzugeben. Anfrage unter ETZ 183/51 a. d. Verlag.

Punga,

Elektromaschinenbau

vorrrätig, DM 15.—.

Akademische Buchgemeinschaft
Darmstadt, Techn. Hochschule.

Sende-Trioden 304 TL

in größeren Mengen ab Lager gegen Kasse lieferbar

Mengenanfrg. unter
ETZ 177/51 an den Verlag



Fassungen für Leuchtstoffröhren

mit Glimmzünder - und Starteraufnahme,
in normaler und wasserdichter Ausführung.

U-Röhren-Fassungen.

Josef Mellert, Fabrik für Feinmechanik
Kunstharz- u. Bakelite - Preßwerk
(17a) Bretten/Baden

RUPPERT
ELEKTRO ISOLIER WAHN INDUSTRIE WAHN
WILHELM RUPPERT
 WAHN · RHL D

Aus unserem Fabrikationsprogramm:

RUPMEX **RUWANOL** **RUWAFIL**
 Magnetdraht Öl-lackdraht synth. Lackdraht

RUWAZELL **RUWATEX** **RUWAFLEX**
 Hartpapier Hartgewebe Isolierschläuche

SCHALTDRAHTE **SCHALTSTÜTZEN**
 Schaltdrähte und Litzen
 mit lackiertem Gewebe
 oder Kunststoff-Isolation

Preise auf Anfrage

Die Jahresversammlungen des VDE

sind für alle Elektrotechniker zu einem festen Begriff geworden. Sie bieten die Möglichkeit der persönlichen Fühlungnahme mit den Fachkollegen aus allen Teilen Deutschlands und allen Sparten der Elektrotechnik. Die anlässlich der Jahresversammlungen gehaltenen Vorträge veranschaulichen die Entwicklung auf dem Gebiet der gesamten Elektrotechnik. Sie sind abgedruckt in den

VDE-Fachberichten

Wuppertal 1948 187 S., 15 Bildtafeln, 128 Bilder
 Karlsruhe 1949 349 S., 11 Tafeln, 337 Bilder
 Köln 1950 168 S., 267 Bilder
 Hannover 1951 erscheint im August 1951

Jeder Band DM 19.-, für VDE-Mitglieder DM 15.-

Zu beziehen durch jede Buchhandlung und durch die

VDE-VERLAG GMBH

Wuppertal-Elberfeld
 Friedrich-Ebert-Straße 111

Berlin-Charlottenburg 4
 Bismarckstraße 33

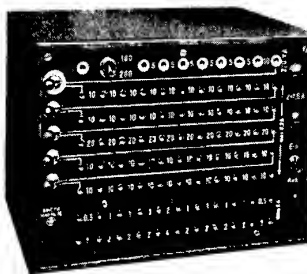


**Fahrbare
Schweißanlage
für
Karosseriebau**

KELLER & KNAPPICH G.M.B.H.
AUGSBURG

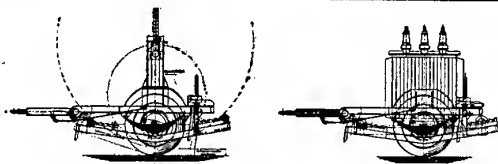
BINDER-PRÜFFELDTRAFO

**Der Transformator für
universelle Verwendung**



- Von 7 unabhängigen Wicklungen sind zu gleicher Zeit verschiedene Wechselspannungen entnehmbar.
- Jede Spannung in feiner Unterteilung von 0,5 bis 820 V zu entnehmen.
- Ströme bis 5 Amp. (kurzzeitig bis 25 Amp.).
- An jede vorkommende Netzspannung anschließbar.
- Übersichtliche Frontplatte mit 7 Schaltern, 87 Steckbuchen u. eingebauten Sicherungen.
- 220 VA Kernleistung.

WILH. BINDER - Masch.- u. Elektro-App.-Fabrik
VILLINGEN / Schwarzwald



Unser kombinierter
Kabel-, Trafo- und Mastenwagen
senkt die einschläg. Kosten um 50%

Conrad Möller, Fahrzeugfabrik
KONSTANZ
Schubertstraße 2

Spannungsprüfer mit dem VDE-Zeichen
bis 1000 Volt,

Fehlerortbestimmungsgeräte nach dem
Radar Prinzip,

Kabelsuchgeräte mit Ton-Generator 6, 12
und 220 Volt,

Schalttafel- und tragbare Meßinstrumente
in allen Größen und Ausführungen.

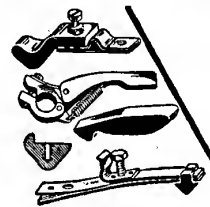
Adolf Wiegand & Sohn, Düsseldorf 10

Schließfach 10132

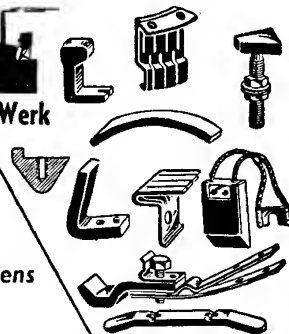
Telefon: 41234



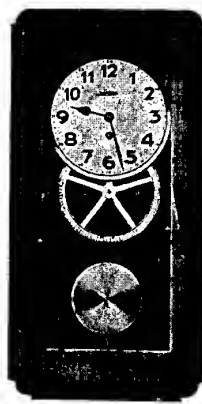
Für alle Motoren u. Schützen im Werk



billigst
und
schnellstens



Elektrokohle-Kontaktteile F. Kever, Köln
Auslieferungslager Honnef/Rh., Hauptstraße 26



Iskus

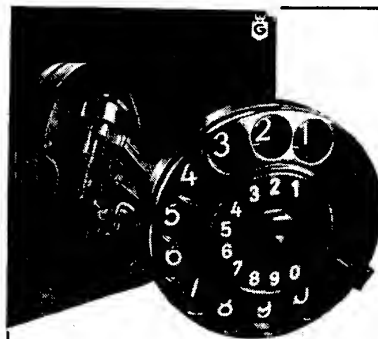
Signaluhren

für Werkstätten aller Art
und für Schulen

J. Schlenker-Grusen

Uhren- und Apparatefabrik

Schwenningen a.N.-35

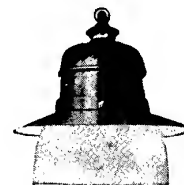


**DFG
MARBURG**

Wählscheiben
Postmäßige Ausführung
geräuscharm und
berührungssicher
Bauelemente für
Fernsprengeräte
Fernsprech- und Signal-
anlagen jed. Umfanges

DEUTSCHE FERNSPRECHER GES. M. B. H.
MARBURG (LAHN)

30 Jahre
PuS = Leuchten
Kabelgarnituren



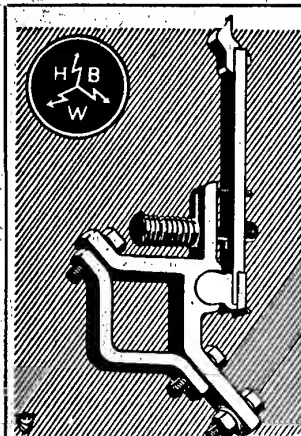
Pötter & Schütze KG.

Elektrotechnische Fabrik
Essen-Rellinghausen · Tel. 51551/52

1. Juni 1951

Elektrotechnische Zeitschrift 72. Jahrg. Heft 11

LIX

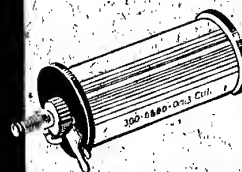


Steuerwalzen

mit diesen Kontakten garantieren
größte Betriebssicherheit
und
sparsamsten Ersatzteilverbrauch

Hugo Bungenberg G.m.b.H.
Elektrotechnische Fabrik
Wattenscheid — Ruf 1286

Elektrospulen isolieren
müheles und schnell
durch das selbstklebende
glasklare oder farbige



Tesaflex
P. BEIERSDORF & CO. A.-G.
HAMBURG 20

Muster kostenlos

Georgii Kobold

FORTSCHRITTLICH UND BEWAHRT

Der vollendete Präzisions-Einzel-Antrieb für
alle Aufgaben moderner Fertigung, z. B. für
Spindel-Einzelantrieb bei Reihenbohr- und
Gewindeschneidmaschinen.

GEORGII-KOBOLD · ELEKTRO-MOTOREN-
APPARATEBAU · G. M. B. H. · STUTTGART-S

DR. BECK & CO.
LACK-ISOLATION
SEIT 1904

DIE TRÄNKLACHE
für Wicklungen u. Spulen:

•
•
•
•

ferner

• ALKALIDRAHTLACK: DR. BECK & CO. FÜR GLAS-
UND GEFÄß-TRÖPFEN- & EXPLOSIONSFESTE SCHÜSSLACK

DR. BECK & CO. HAMBURG 20

Unser Relais-Programm:



EBERLE & CO
ELEKTRO-G.M.B.H.
NÜRNBERG
OEDENBERGER STR. 57/65

Quecksilber-Relais
in allen Ausführungen
Steuer-Relais
Verzögerungs-Relais
Phasenwächter
Batterie-Relais
Erdschluß-Relais
Überstrom-Relais
Starkstrom-Anschalt-Relais
Temperatur-Regler
Brandsicherungen
Schweißzeilbegrenzer
Dämmerschaller

Glasseide für Drahtumspinnung
Glasseidenbänder
Glasseidenbreitgewebe
Glasseidenhohlschläuche

aus alkalfreiem Spezialglas liefert
prompt an Werke der Elektro-Industrie

Textilglas-Verkaufsbüro

Düsseldorf-Gerresheim

LX

Elektrotechnische Zeitschrift 72. Jahrg. Heft 11

1. Juni 1951

**-Stahlakkumulatoren GmbH**

Stahl- u. Bleiakkumulatoren-Fabriken

BERLIN - STEGLITZ - Nicolaistr. 2-6

HAMBURG 13 - Bogenstraße 45

Stahlakkumulatoren-

Handlampen

Scheinwerfer

Pebe Bleiakkumulatoren

WIR LIEFERN

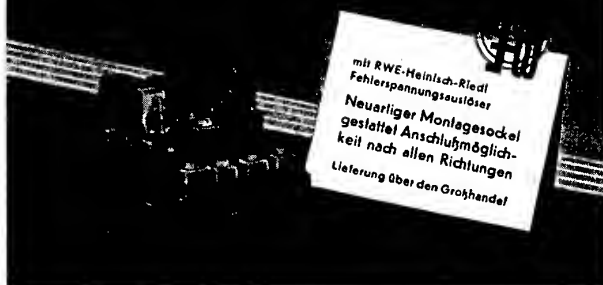
Spezialmotore

für Gleich- u. Drehstrom bis 20 PS

KARL OSWALD & SOHN

MASCHINENFABRIK · MILTENBERG a.M.

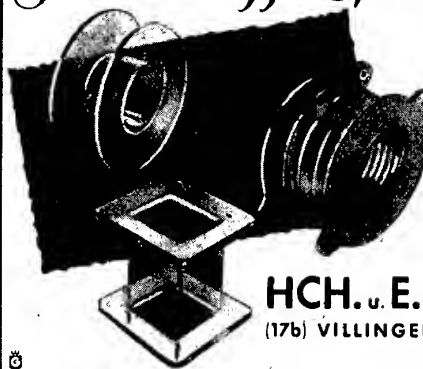
TRENNSCHUTZSCHALTER



GEBR. FREDE K.G.

ELEKTROFABRIK
WESTKIRCHEN/WESTF.

Kunststoff-Spritzgussteile

in Präzisions-
Ausführung.
Eigener
Formenbau

HCH. u. E. BURGER

(17b) VILLINGEN (SCHWARZW.)

OEL- UND TROCKENTRANSFORMATOREN

jeder Art und Leistung

bis 2000 KVA

Spezialausführungen

Sonderanfertigungen

TRANSFORMATORENFABRIK

RUDOLPH LAVER

Berlin-Reinickendorf-Ost, Kühnemannstraße 3-6

NORMAL-LUFTKONDENSATOREN

nach den Modellen der PTR mit Quarzglas-Isolation von
Null bis 100 000 pF Kapazität

Präzisions-Drehkondensatoren, Schutzringkondensatoren

VERLUSTWINKEL-NORMALE

für Hoch- Niederfrequenz

(1 MHz, 800 Hz, 50 Hz)

technische Verlustwinkel-Meßbrücken mit visueller
Ablesung.

PRÄZISIONS-KAPAZITÄTSMESSBRÜCKEN

OBERING. FRITZ POLLAND, Ingenieurbetrieb

MÖNKEBERG über Kiel, Stubenrauchstraße 26

**Friedrich Merk - TELEFONBAU AG.**

München 9, Warngauer Str. 32

Telefon - Sammel - Nr. 4 96 31

Fernämter — Fernamtsanlagen — Telefonapparate u. Zubehör

SPRINGER - VERLAG IN WIEN

Hochspannungstechnik

Von

Dr.-Ing. Arnold Roth

Delegierter des Verwaltungsrates der Sprecher & Schuh A.-G.
in Aarau (Schweiz)Dritte, vollständig neubearbeitete und vermehrte Auflage
Herausgegeben unter Mitwirkung von

Professor Alfred Imhof

Direktor der Moser-Glaser & Co. A. G., Muttensz (Schweiz)

Mit 734 Abbildungen im Text sowie 98 Zahlentafeln.

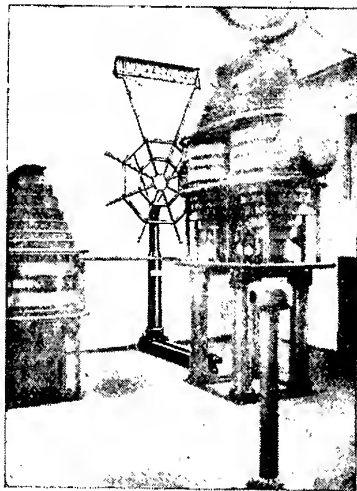
IX, 704 Seiten. Lex. - 8°. 1950.

DM 63.—, § 15.—, sfr. 65.—; geb. DM 67.—, § 16.—, sfr. 69.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Statische Voltmeter

für Gleich - Wechsel - Hochfrequenz
für niedrige und hohe Spannungen



Stat. Voltmeter 800 kV_{eff} 4 Messber.
Anbautype in Verbindung m. Fischerkaskade

Dr. Ing. RICHARD SCHROEDER
Fabrik elektrischer Apparate
AACHEN

Telefon 31849

Telgr.: Voltschroeder



DEVAG

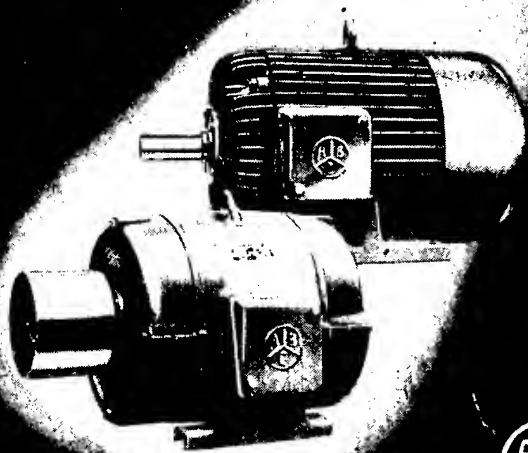
FRANKFURT AM MAIN

ÖLARMES LEISTUNGSTRENNSCHALTER
RAUMSPAREND · LEISTUNGSFÄHIG · PREISWERT · GÜNSTIGE LIEFERZEITEN

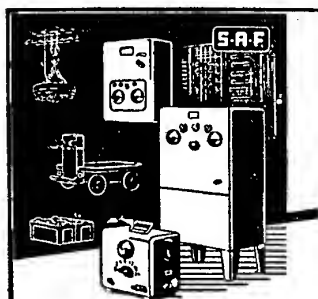
BITTER

U-CO-KASSEL

MOTOREN



A. BITTER & CO. G.M.B.H., KASSEL
SPEZIALMOTOREN-FABRIK



Selen-
Gleichrichter-Geräte

- für Ladung, Dauerladung u. Pufferung von Batterien,
 - Stromversorgung v. galv. Anlagen, Elektromagnet., Signalanlagen
 - Gleichstr. - Motoren usw.
 - Kinobogen- u. Tonlampen
- Beschreibg. auf Wunsch.

S. A. F.
Süddeutsche
Apparate-Fabrik G.m.b.H.
NÜRNBERG 2

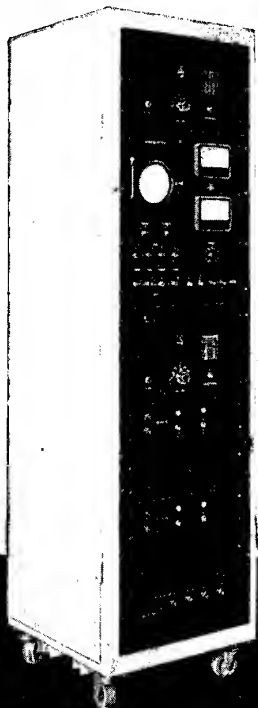
"Selen-Gleichrichter"
Pioniertat der S-A-F

KABEL-GARNITUREN

MUFFEN
ENDVERSCHLÜSSE
HAUSANSCHLUSS-
KÄSTEN



ELEKTRO-BAUELEMENTE GMBH.
LÜNEN i. WESTF.



Kathodenstrahl-Oszillograph mit 2 Strahlen und 2 Zeitablenkgeräten für die Registrierung von einmaligen Vorgängen (Stossspannungen). Registriergeschwindigkeit bis 3000 km pro Sekunde.

HAEFELY

Wir liefern:

Einrichtungen für Hochspannungsprüffelder und Laboratorien:

Prüftransformatoren
Stosspannungsgeneratoren
Gleichrichter, Neutronengeneratoren
Messeinrichtungen für Wechsel-, Gleich- und Stossspannungen
Kathodenstrahl-Oszillographen

Ausrüstungen für Verteilnetze:

Messwandler und Messgruppen
Sperrdrosseln und Kopplungskondensatoren für H.F. Übertragung
Kapazitive Spannungswandler

Hartpapier-Isoliermaterial für Hochspannung:

Kondensatordurchführungen

**EMIL HAEFELY & CIE., A. G.
BASEL SCHWEIZ**

Vertreten durch:
J. WICKENHAUSER, Ingenieur
LÖRRACH, (Baden), Tumringerstrasse 278

»KRONPRINZ« STAHPANZERROHRE



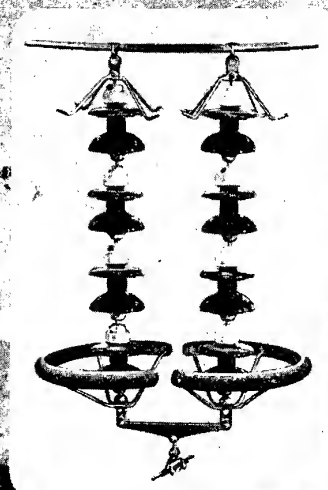
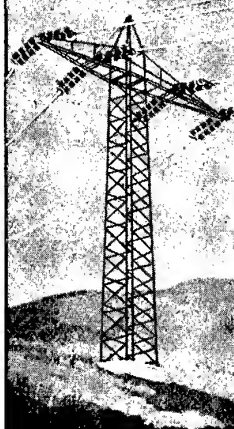
Der
zuverlässige
Schutz für
elektrische
Leitungen



»KRONPRINZ«
AKTIENGESELLSCHAFT FÜR METALLINDUSTRIE
SOLINGEN-OHLIGS



»KRONPRINZ«
*liefert
als Spezialität*



**Hochspannungsarmaturen
Niederspannungsmaterial**

»KRONPRINZ« AKTIENGESELLSCHAFT FÜR METALLINDUSTRIE
SOLINGEN-OHLIGS


Verzeichnis der in diesem Heft mit Anzeigen vertretenen Firmen

Aktiengesellschaft Vulkan, Köln-Ehrenfeld	49
Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft	29/39
ASEA, Luth u. Rosén El. G.m.b.H., Frankfurt/Main	37
Bauer, Eberhard, GmbH., Eßlingen	53
Bauknecht, G., GmbH., Stuttgart-S.	18
Baumgartner, Franz, Berg.-Gladbach	50
Baumüller, Adam, GmbH., Marktredwitz	50
Beck, Dr., & Co., GmbH., Hamburg 28	59
Beiersdorf, P., & Co., AG., Hamburg 20	59
Benzing, Fried. Ernst, Schwenningen	55
Berga, Accumulatorenfabrik, GmbH., Rastatt	20
Bergner, Richard, Schwabach b. Nürnberg	9
Binder, Wilhelm, Villingen/Schw.	41, 58
Bitter, A., & Co., GmbH., Kassel	61
Bogenschutz, Rudolf, Frankfurt/M.	40
Brown, Boveri & Cie. A.G., Mannheim	51/64
Brückel, Robert, Lang-Göns (Hessen)	50
Bruncken, Johannes, Köln-Bickendorf	10
Buhmann, Walter, Rangendingen	48
Bungenberg, Hugo, GmbH., Wattenscheid	59
Bürger Eisenwerke, Burg/Dillkreis	18
Burger, Hch. u. E., Villingen	60
Busch-Jaeger, Lüdenscheid	16
Calor-Emag, Ratingen	19
Claassen, Wilhelm, Dortmund	48
Concordia GmbH., Stuttgart	23
Deisting, Dr., & Co., GmbH., Kierspe i. W.	47
Delbag-Luftfilter GmbH., Berlin-Halensee, Düsseldorf	50
Deutsche Fernsprecher Ges. mbH., Marburg/Lahn	58
Deutsche Telefonwerke u. Kabelindustrie AG., Berlin	20
Deutscher Ingenieur-Verlag GmbH., Düsseldorf	53
Devag, Frankfurt a. M.	61
DEW Deutsche Edelstahlwerke AG., Dortmund	43
Dielektra Aktiengesellschaft, Porz	50
Driescher, Fritz, jr., Moosburg/Obb.	28
Driescher, Fritz, Rheydt	11
Dynamit-Actien-Gesellschaft, Troisdorf	10
Eberle & Co., GmbH., Nürnberg	59
Elektro-Bauelemente GmbH., Lünen	61
Elektro-Isolier-Industrie, Wahn	57
Elektrokeramik GmbH., Witten-Ruhr	44
Elektrokohle-Kontaktteile F. Kever, Köln	58
Ellenberger & Poensgen GmbH., Altdorf b. Nürnberg	22
Elmowa GmbH., Olpe i. W.	49
Felten & Guillaume Carlswerk AG., Köln-Mülheim 3, 31—34	31—34
Firchow, Paul, Berlin-Marienefelde, Frankfurt/M., Hamburg	5
Flender, Bocholt	12
Fonovits, Dr.-Ing., Richard, Wien XVII	53
Frankfurter Transformatoren-Fabrik, M. Topp & Co., Oberursel/Ts.	40
Frede, Gebr., KG., Westkirchen	60
Garbe, Lahmeyer & Co., AG., Aachen	21
Georgii-Kobold, GmbH., Stuttgart	59
Gothe & Co., Mülheim-Ruhr	40
Günther, Willy, Nürnberg	50
Haefely, Emil, & Cie., AG., Basel/Schweiz	62
Hahn & Kolb, Stuttgart	52
Hannemann & Cie., Gebr., GmbH., Düren	24
Hartmann & Braun AG., Frankfurt/M.	4
Hengstler, J., Aldingen	48
Himmelwerk AG., Tübingen	17
Hochspannungs-Gesellschaft Fischer & Co., Köln-Zollstock	4
Hofmann, Gebr., Darmstadt	46
Hoppmann & Mulsow, Hamburg 19	22
Hundt & Weber GmbH., Geisweid, Krs. Siegen	25
Hydrawerk AG., Berlin N 20	13
Irion & Vosseler, Schwenningen a. N.	51
Jovy, Dr.-Ing., Leer	8
Kabelwerk Duisburg	43
Kabelwerk Reinshagen GmbH., Wuppertal-Ronsdorf	55
Kabelwerk Rheydt AG., Rheydt	21
Kautt & Bux, Stuttgart-Vaihingen	42


Anzeigen vertretenen Firmen.

Peterreins Schalterbau KG., Nürnberg	20
Pfisterer, Karl, Stuttgart-Untertürkheim	18
Platthaus, Heinrich, Witzhelden	6
Pötter & Schütze KG., Essen-Rellinghausen	58
Polland, Fritz, Obering., Mönkeberg	60
Prometheus-Werke GmbH, Hannover-Herrenhausen	46
Purrmann, Max, KG., Düsseldorf	49
Purrmann & Herr GmbH, Wuppertal-Barmen	49
Quante, Wilhelm, Wuppertal-Elberfeld	17
Reo Boris von Wolff, Berlin-Solingen	63
Reta-Elektra, Augustenthal i. W.	50
Ringsdorf-Werke GmbH, Mehlem/Rhein	14
Rosenthal-Isolatoren GmbH, Selb	15
Sachs, Ernst, Berlin, Wertheim	50
Schanzenbach, G., & Co., GmbH, Frankfurt/M.	24
Scheer, C. F., & Cie., Stuttgart-Feuerbach	55
Schiele Industriewerke GmbH, Hornberg	35
Schiffmann, A., München 13	47
Schlenker-Grusen, J., Schwenningen a. N.	58
Schorch-Werke AG., Rheydt	6
Schroeder, Richard, Dr.-Ing., Aachen	61
Siemens-Schuckertwerke A.G.	26, 27
Springer-Verlag, Wien	60
Stahl, R., Stuttgart	14
Stockhardt u. Schmidt-Eckert GmbH, Kronach	40
Süddeutsche Apparate-Fabrik GmbH, Nürnberg	61
Südd. Isolatorenwerke GmbH, Freiburg i. Br.	55
Südkabel, Mannheim	45
Techn. phys. Werkstätten, E. Vollmer, Eßlingen- Mettingen	20
TE KA DE, Nürnberg 2	42
Telefonbau und Normalzeit, Frankfurt/M.	52
Textilglas-Verkaufsbüro, Düsseldorf-Gerresheim	59
Transformatorenfabrik Tübingen, Tübingen	47
VDE, Frankfurt	30
Vereinigte Deutsche Metallwerke AG., Altena/W.	52
Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG., Dort- mund	48
Voigt & Haeffner AG., Frankfurt/M.	7
Vorwerk & Sohn, Wuppertal-Barmen	44
Voßloh-Werke GmbH, Werdohl	51
Wagner, Christian, Eßlingen	44
Wandel & Goltermann, Reutlingen/Württ.	44
Weidmüller, C. A., Berlebeck b. Detmold	50
Wiegel, Adolf, & Sohn, Düsseldorf	58
Wigo-Verkaufsgesellschaft mbH., Schwenningen	46

Massen-Nachpflege



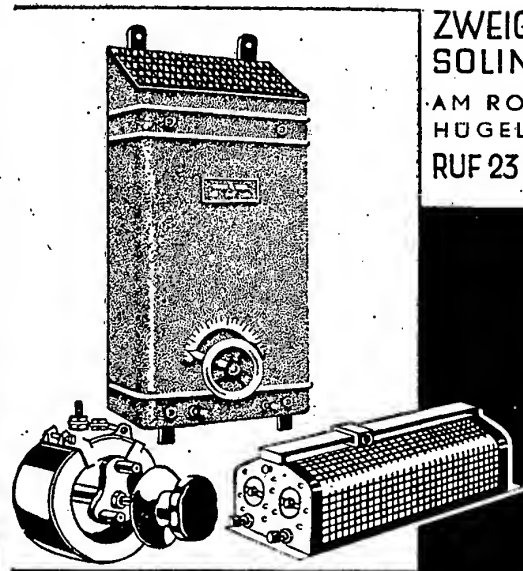
KORDAZIT
PASTE


GERSTHOFEN

LECH-CHEMIE GERSTHOFEN
AUGSBURG 2 ABHOLFACH

RED

BORIS VON WOLFF



ZWEIGWERK
SOLINGEN
AM ROSEN
HÜGEL 6
RUF 23 000

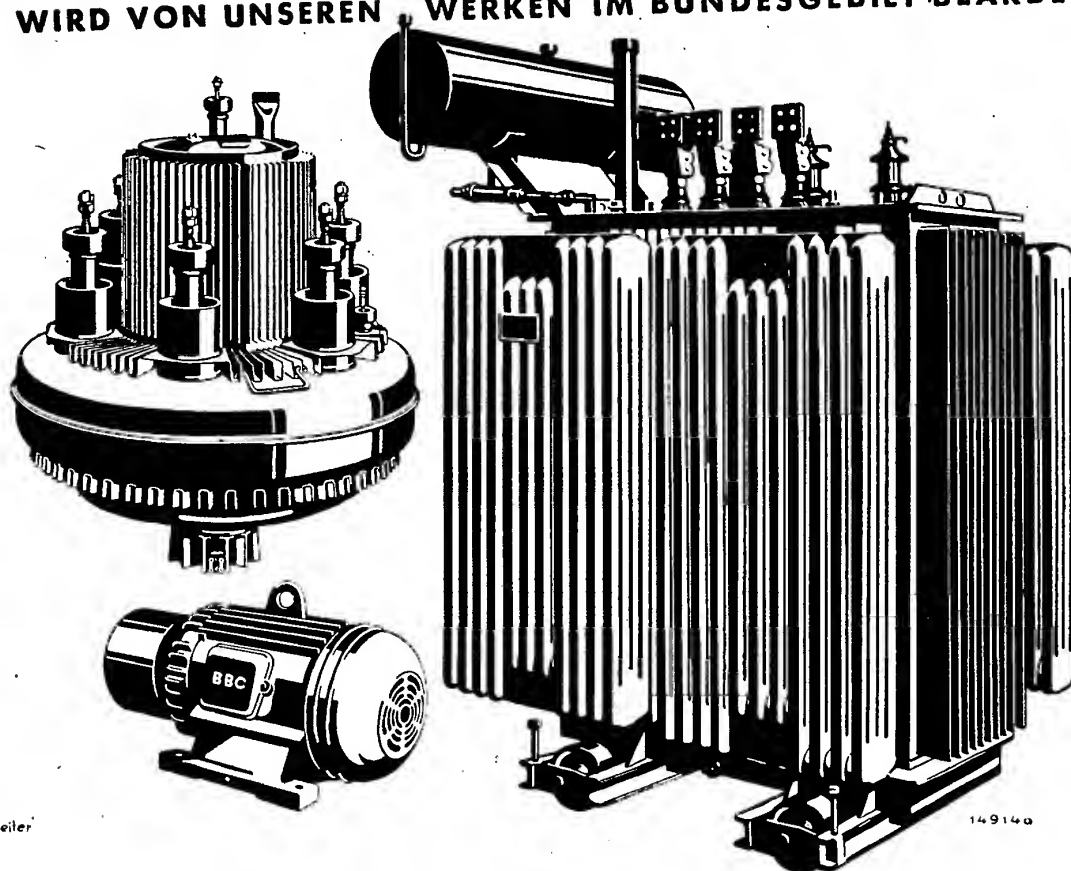
ELEKTRISCHE
WIDERSTÄNDE
UND
SCHALTGERÄTE
TRANSFORMATOREN

BERLIN NW87-ERASMUS STR.
14-15
RUF-SAMMELNUMMER 392352

WDT 561747

BBC

**DAS GESAMTE GEBIET DER STARKSTROMTECHNIK
WIRD VON UNSEREN WERKEN IM BUNDESGEBIET BEARBEITET**



PLANUNG UND BAU VOLLSTÄNDIGER KRAFTWERKE

– eines unserer großen Arbeitsgebiete – faßt jahrzehntelange Erfahrungen in der Starkstromtechnik zusammen. Von den Maschinen und Geräten zur Erzeugung elektrischer Energie bis zum letzten Hilfsgerät für ihre Anwendung stellen wir alles her.

Sonderschriften unterrichten Sie über unsere Erzeugnisse, ihren Aufbau, ihre Wirkungsweise u. Anwendung u. über ihre Vorzüge.

BROWN, BOVERI & CIE. AG., MANNHEIM
TECHNISCHE BÜROS AN ALLEN BEDEUTENDEN PLÄTZEN

Verlag: Wuppertal-Elberfeld

d) 00-B-36904

Verlagspostamt: Wuppertal-Barmen

Der

ELEKTRO- TECHNIKER



Fachblatt für Fertigung und Fortschritt

AUS DEM INHALT:

Grundsätze neuzeitlicher Schaufensterbeleuchtung, Dr.-Ing. R. G. Weigel, S. 163
Über die Vorgänge beim Trocknen und Lacktränken von Wicklungen, A. Wagner, S. 167
Neues elektrisches Installationsmaterial in der Ostzone, E. J. Heynemann, S. 169
Die Elektrotechnik in Hannover, Willy Möbus, S. 171

Kurzberichte und Referate

Beschädigung eines Transformators durch die Kühlschlange, S. 168 — Messung der Dicke feiner Überzüge mittels Strahlungsrückstreuung, S. 170 — Starkstromleitung über den Lukmanierpaß, S. 177 — Mastengründung in Sand, S. 177 — Porosität galvanischer Niederschläge, S. 178 — Fehlerortung durch Spannungsimpulse, S. 178 — Die Voraus-

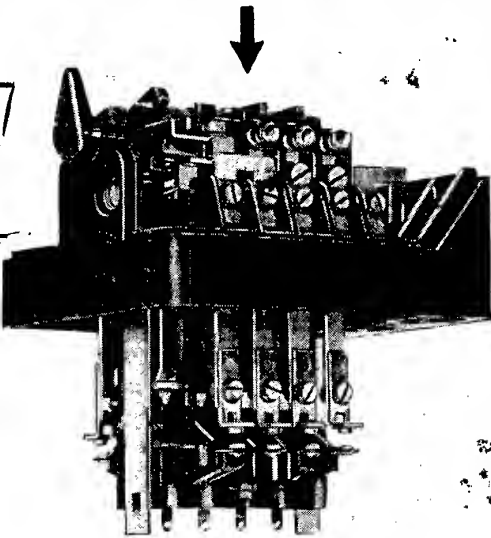
berechnung von Erdelektroden bei der Erstellung von Erdungsanlagen, S. 179 — Plastische Schutzbinden in der Elektrizitätswirtschaft, S. 179 — Über Hochspannungskabel, S. 180 — Für und wider das Elektrofahrzeug, S. 181 — Eigenschaften moderner elektrischer Rohrkochplatten während des Dauerbetriebes, S. 181 — Drahtloser Suchdienst für Ärzte, S. 181 — Das Anpeilen von Schwarzhörnern, S. 182 — Die Instandsetzung schadhafter Kommutatoren, S. 182 — Elektronische Drehzahlreglung, S. 182 — Verhinderung des unbeabsichtigten Anlaufes von ferngesteuerten Motoren, S. 183 — Blindenleitgeräte, S. 183 — Neue Patentanmeldungen, S. 184 — Elektrizitätsversorgung Australiens, S. 185 — Neuzeitliche Entwicklung der holländischen Elektrizitätsversorgung, S. 186 — Weiterer Ausbau der Berliner Elektroindustrie, S. 187 — Silber, ein neuer Weltmangelrohstoff, S. 187 — Wer trägt das Risiko von Diebstählen auf Baustellen?, S. 188 — Schwimmendes Wärmekraftwerk, S. 189 — Aus der Industrie, S. 190 — Buchbesprechungen, S. 191 — Verschiedenes, S. 192



„Automatische Schalter? — Am besten FANAL!“

Orientieren Sie sich über die Bedeutung der Prellfreiheit für die Lebensdauer automatischer Schaltgeräte. Fordern Sie bitte unsere bebilderte Druckschrift Typ 108 mit genauer Beschreibung und unsere zahlreichen Sonderdrucke über dieses prellschlagfreie Universalschütz bei unseren Vertretungen oder im Stammhaus an.

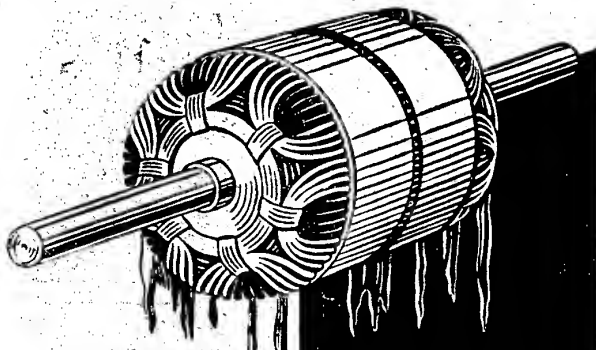
**Prellschlagfreies
Universal-Schütz Typ 108 mit
thermischem Überstromauslöser**



METZENAUER & JUNG · GMBH · WUPPERTAL-E.

6. HEFT · 3. JAHRGANG · VDE-VERLAG GMBH. WUPPERTAL · BERLIN
Weidemann (H. W.) Steintor
(20a) Hannover 1
Schillersstr. 17 + Eingang Limburgstr.

Carstens
ELEKTRO-
ISOLIERLACKE



**TRANKLACKE
DRAHTLACKE
ÜBERZUGSLACKE**

*zuverlässig
erprobt
bewährt*



WILHELM CARSTENS, ABT. ISOLIERLACKFABRIK
HAMBURG-WILHELMSBURG

BRUNCKEN



DER
QUALITÄTS-MOTOR
SEIT 1907

**CÖLNER ELEKTROMOTORENFABRIK
JOHANNES BRUNCKEN
KÖLN-BICKENDORF**

PLATTHAUS

baut



**Gleich- und Drehstrom-Anlasser
Regelanlasser**

HEINRICH PLATTHAUS
INGENIEUR
ELEKTROTECHNISCHE FABRIK
22a WITZHELDEN/RHLD. STATION HILGEN



Original
WISKA-Abstandschellen
aus Isolierpreßstoff D.R.P.

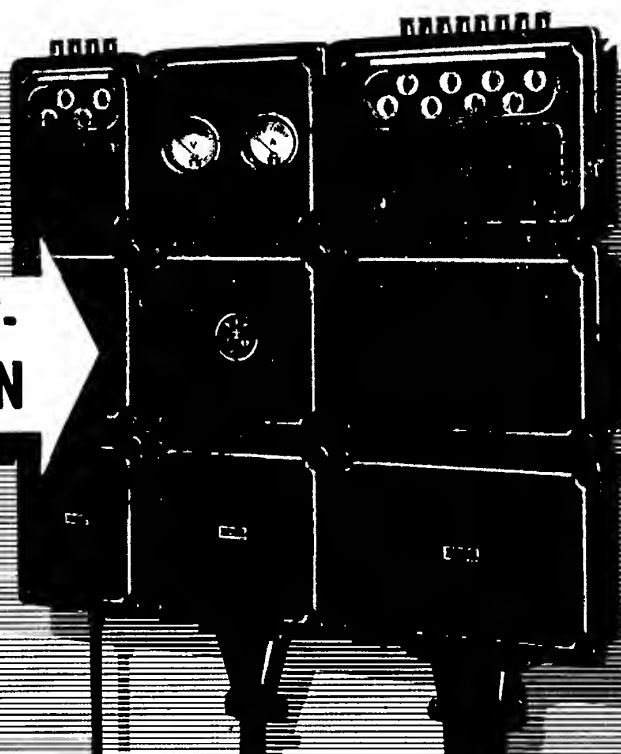


Schnellmontage

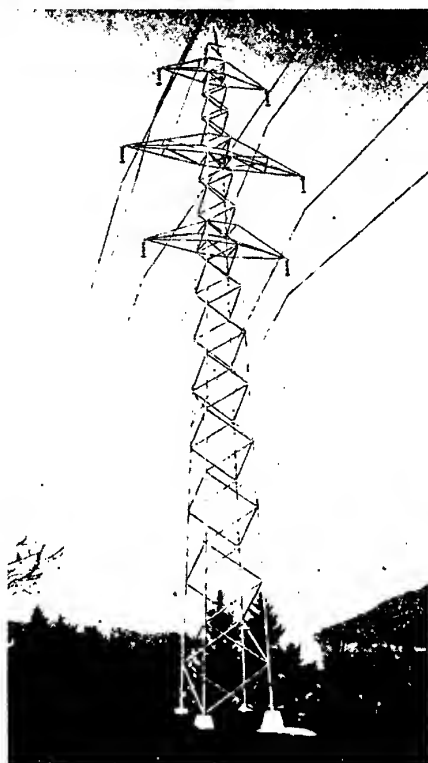
HOPPMANN & MÜLSOW
Elektrotechnische Spezialfabrik und Presswerk Hamburg 19

F&G

LICHT-UND KRAFT- VERTEILERANLAGEN



FELTEN & GUILLEAUME CARLSWERK AG KÖLN - MÜLHEIM



380 kV-Lukmanierleitung (Schweiz)
mit Rohrmasten
System Motor Columbus
vorläufig mit 150 kV in Betrieb

HOCHSPANNUNGSLEITUNGEN

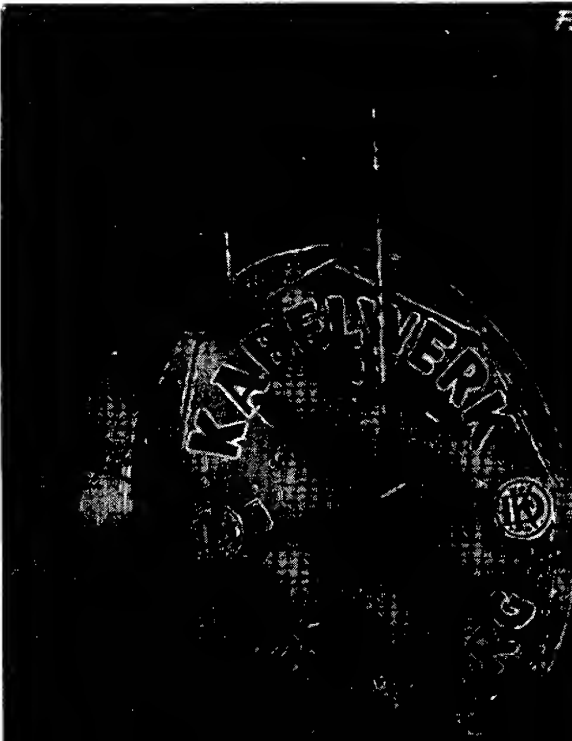
GITTERMASTEN

mit ausbetonierten Stahlrohren


BERECHNUNG
PROJEKTIERUNG

MOTOR-COLUMBUS

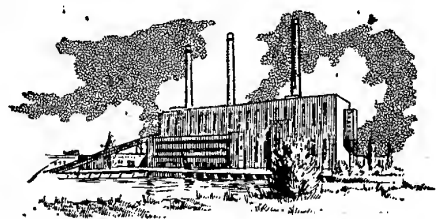
BADEN (SCHWEIZ)



H HOCH-UND
NIEDERSpannungs-BLEIKABEL
STAUCHSCHUTZ-DEHNUNGSKABEL
FERNMELDE-BLEIKABEL
KABELGARNITUREN
ISOLIERTE STARK-UND
SCHWACHSTROMLEITUNGEN
ABGEPASSTE LEITUNGEN
AUTO-KABELSATZE
LACKDRÄHTE
VERBLEITE ISOLIERROHRE



Werke des Fortschritts arbeiten ...



KSV-gesichert...

Seit mehr als 20 Jahren hat es der KSV-Kabel-Schnell-Verleger millionenfach ermöglicht, Energieleitungen moderner Werksanlagen raumsparend, schnell und betriebssicher zu verlegen.

Der KSV erspart 50% MONTAGEKOSTEN und EISENBEDARF. Hierdurch verbilligt sich Ihre Anlage so wesentlich, daß sich praktisch die KSV selber bezahlen.



Fordern Sie noch
heute Prospekt AX

**ANTON
KLEIN**

FABRIK FÜR METALLBEARBEITUNG

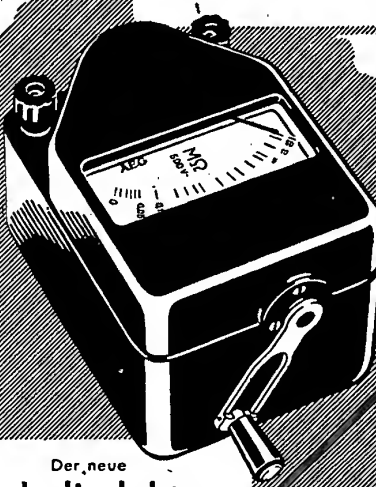
BERLIN-TEMPELHOF US-SEKTOR Thuring 53



	VERGUSSMASSEN FÜR STARK-UND SCHWACHSTROM
	MIKANIT IN PLATTEN UND FORMSTÜCKEN
	ROHGLIMMER ISOLATIONEN
	ÖLLEINEN - ÖLSEIDE ÖLPAPIER
	NUVOLIT NUTEN-ISOLATIONSMATERIAL
	ANKER- ISOLIERMATERIAL
	WILHELM CARSTENS FABRIK FÜR ELEKTRO-ISOLIERMATERIAL HAMBURG-WILHELMSBURG

AEG

MESSWESEN




Der neue
Kurbelinduktor

Handlich und bequem im Gebrauch! Der unentbehrliche Helfer für die tägliche Arbeit in der Elektrowerkstatt oder im Betrieb.

ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT

5024

Aus einem Werk



GEORG RÜGER & CO.
ESSEN-HEIDHAUSEN

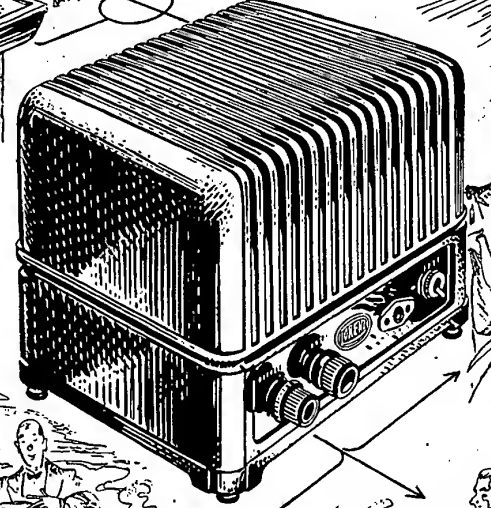
ELEKTROTECHNISCHE FABRIK

LORENZ

Ein wertvoller Umsatz Helfer

für ruhigere Monate!

15 Watt – Allzweck – Verstärker für Gleich- und Wechselstrom.
Einfach in Anschluß und Bedienung, sparsam im Verbrauch.



LVA/B 15A

Der vielseitige Kleinverstärker für Rundfunk, Platte und Mikrophon nur **DM 295,-**

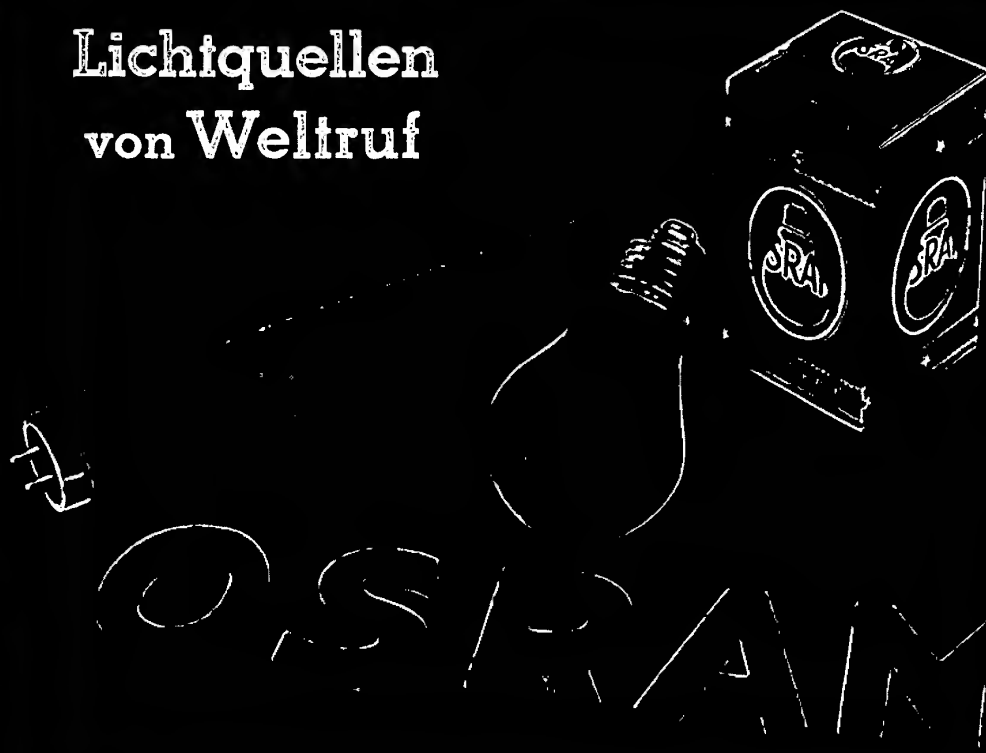
In Leistung und Preis ein kleines Wunder!

LORENZ

Radio

• C • LORENZ AKTIENGESELLSCHAFT •

Lichtquellen von Weltruf



E 11

DKW

Schnell-Laster

3/4 to
4/2 cbm



Schnell, zuverlässig und sparsam, wie es nur ein echter DKW sein kann — das ist der ideale Lieferwagen für Sie! Eine Probefahrt beim nächsten DKW-Händler wird Sie davon überzeugen.

AUTO UNION G.M.B.H. INGOLSTADT



Der DKW-Kombi
ideal als Lautsprecherwagen

Der

ELEKTROTECHNIKER

VDE-Verlag GmbH. Wuppertal · Berlin · Schriftleitung : Wuppertal - Elberfeld, Briller Straße 99

3. Jahrgang

Wuppertal, Juni 1951

Heft 6

Grundsätze neuzeitlicher Schaufensterbeleuchtung

Von Prof. Dr.-Ing. R. G. Weigel, Karlsruhe

Wenn man lichttechnisch das Schaufenster mit dem Vorbild der Bühne vergleicht, dann ergeben sich die wichtigsten Grundsätze der Schaufensterbeleuchtung von selbst; sie werden im folgenden dargestellt und erläutert. Dabei zeigt sich, daß auch im Gebiet der Schaufensterbeleuchtung die modernen Leuchtstofflampen neue Möglichkeiten erschlossen haben. Das wird an typischen Beispielen neuartiger Anlagen nachgewiesen; in denen Leuchtstofflampen entweder allein oder, je nach Aufgabe, auch in Kombination mit Glühlampen verwendet werden.

Vom optischen und psychologischen Standpunkt stellt das Schaufenster eine Bühne im kleinen dar: Aus mehr oder minder dunkler Umgebung nimmt der Beschauer durch den Rahmen des Schaufensters hindurch die Auslage bildhaft wahr, ganz ähnlich wie sich ein Bühnenbild im Bühnenrahmen darbietet. Es ist darum ganz natürlich, daß für die Beleuchtung des Schaufensters weitgehend bühnenlichttechnische Grundsätze maßgebend sind¹⁾.

In dieser Betrachtungsweise lassen sich dann für die Gestaltung der Schaufensterbeleuchtung folgende Richtlinien aufstellen:

1. Die Schaufensterbeleuchtung muß zunächst einmal die optische Aufmerksamkeit anziehen und festhalten.

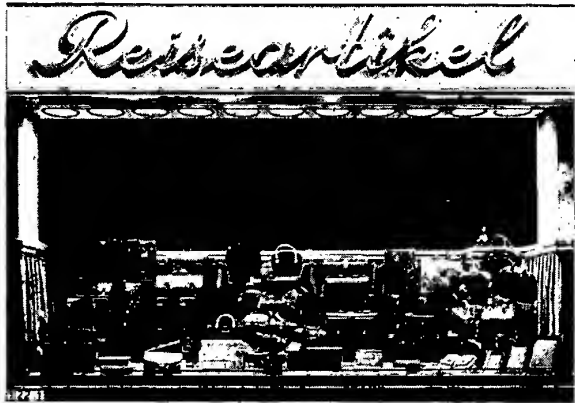


Bild 1: Tiefstrahlerbatterie schafft hohe Beleuchtungsstärke

2. Das Schaufenster muß so beleuchtet sein, daß es ein klares und überzeugendes „Bühnenbild“ abgibt.

3. Die Schaufensterbeleuchtung muß das Wesentliche hervorheben und in seiner charakteristischen Eigenart betonen.

4. Die technischen Hilfsmittel der Schaufensterbeleuchtung müssen für den Beschauer unsichtbar bleiben und dürfen das Bild nicht stören.

5. Die Schaufensterbeleuchtung muß so geartet sein, daß sie sich — trotz des geforderten Auffälligkeitswertes — harmonisch in die Umgebung einordnet.

1. Forderung

Damit das Schaufenster als Ganzes die notwendige optische Anziehungskraft entfalte, muß ihm vor allem ein ausreichend hohes Beleuchtungsniveau gegeben werden. Die Beleuchtungsstärke hängt dabei selbstverständlich entscheidend von der Umgebungshelligkeit ab. Ein einzelnes Schaufenster in schwach beleuchteter Wohnstraße vermag mit wesentlich geringerem Beleuchtungsgrad seine Wirkung

zu erzielen als ein Fenster unter vielen in der stark beleuchteten Ladenstraße. Aber gerade auf die Schaufenster in den eigentlichen Geschäftsstraßen kommt es vor allem an.

Bei dem heute in den Städten und Großstädten üblichen hohen Beleuchtungsstandard wird in den Hauptstraßen eine Schaufensterbeleuchtung ihre erste Aufgabe des optischen Anrufes an den Passanten verfehlen, wenn sie unter etwa 500 lx zurückfällt. Beleuchtungsstärken von 1000 lx sind nichts ungewöhnliches.

Ähnlich wie bei der Bühnenbeleuchtung versucht man diese hohen Beleuchtungsstärken durch Leuchten mit lichtsammlender Wirkung, also mit Scheinwerfercharakter, zu erreichen. Die Spiegel-Tiefstrahler und -Schräg-

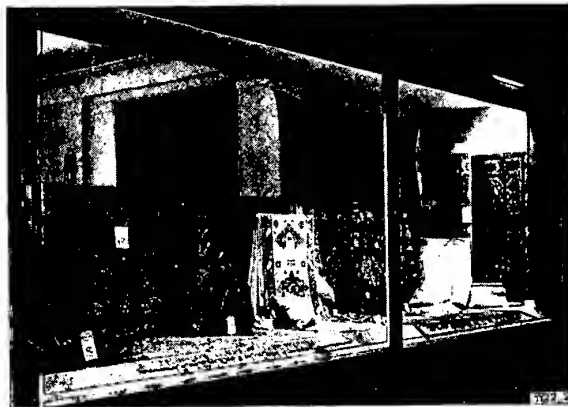


Bild 2: Lichtfülle durch verdeckt angeordnete Spiegeltiefstrahler

strahler gehören darum zum klassischen Leuchtgerät der Schaufensterbeleuchtung. Man kann damit, wenn die Leuchten in genügender Anzahl und in richtiger Anordnung angewandt werden, eine starke und gute Beleuchtung erzielen. Die Tiefstrahler müssen sich in ihrer Wirkung gegenseitig unterstützen, damit keine zu einseitige und keine zu harte Beleuchtung entsteht. Als Beispiel einer erfolgreichen Lösung dieser Art wird Bild 1 gezeigt²⁾. Eine Batterie von Spiegel-Tiefstrahlern ist unauffällig in der Schaufensterdecke bzw. im oberen Schaufensterrahmen versenkt und lenkt von dort aus eine wirkungsvolle Lichtfülle in die Auslage. Wenn man dabei noch ein übriges tun will, kann man die Lichtaustrittsöffnungen hinter einer schmalen Blendleiste vollkommen verschwinden lassen, wie es in Bild 2 geschehen ist.

Der gesteigerte Wirkungsgrad moderner Lichtquellen erlaubt heute auch die Anwendung eines diffusen Beleuchtungssystems, mit dem gleichwohl hohe Beleuchtungsstärken auf wirtschaftliche Weise erzeugt werden können. Die Leuchtstofflampen, deren Lichtausbeute zwei- bis

¹⁾ Siehe auch: R. G. Weigel „Lichttechnik der Bühne“, Das Licht Bd. 3 (1933) S. 167.

²⁾ Nebenbei ist in diesem Bild auch lichttechnisch besonders interessant der Schriftzug über dem Schaufenster, der durch versteckte Spiegelreflektoren, deren Anordnung man aus Bild 10 erkennt, vorbildlich beleuchtet ist.



Bild 3: Schaufensterbeleuchtung
links mit Leuchtstofflampen, Gesamtleistung 500 W;
rechts mit Glühlampen, Gesamtleistung 900 W

dreimal so hoch ist wie die der Glühlampen, haben auch in der Schaufensterbeleuchtung neue Wege eröffnet. Eine einfache und zweckmäßige Lösung besteht darin, daß man in die Decke des Schaufensters ein „künstliches Oberlicht“ in



Bild 4a: Unzulängliche Beleuchtung gibt schlechtes Bild

Gestalt einer Transparentscheibe oder noch besser einer Gitterblende (Raster) einbaut und dahinter, durch einen Kastenreflektor abgeschlossen, die Leuchtstofflampen anordnet. Ein solches Schaufenster-Oberlicht wird in Bild 3 (linker Teil) gezeigt; es ist mit vier Leuchtstofflampen zu insgesamt 500 W (einschließlich Vorschaltgerät) ausgestattet. Zum Vergleich ist in Bild 3 (rechte Hälfte) ein Schaufenster mit der üblichen Glühlampenausstattung, Glühlampen mit Spiegelreflektor, danebengestellt; es benützt 6 Glühlampen je 150 W, zusammen 900 W. Man erzielt mit den Leuchtstofflampen bei geringerem Leistungsaufwand mindestens den gleichen Beleuchtungseffekt, wahrscheinlich sogar die bessere Gesamtwirkung. Setzt man in der Leuchtstofflampen-Anlage aber die gleiche Leistung wie in der Glühlampen-Anlage ein, so kann man damit das Beleuchtungsniveau zweifellos derart anheben, daß die Wirksamkeit des Schaufensters im Sinne der „1. Forderung“ entscheidend verbessert wird.

Man könnte den Auffälligkeitswert der Schaufensterbeleuchtung außer durch die Beleuchtungsstärke selbstverständlich auch durch die Lichtfarbe zu erhöhen versuchen. Doch ist die Anwendung ausgesprochen farbigen Lichtes wegen der entstehenden Wirkung auf die Körperfarben der ausgestellten Gegenstände nur in den seltensten Fällen möglich. Das farbige Licht hat seinen besonderen Platz vielmehr in der eigentlichen Lichtreklame, wie sie außerhalb des Schaufensters, im Firmenschild, in Leuchtschriften usw., zweck- und wirkungsvoll ist.

2. Forderung

Daß das Schaufenster ein klares und auch ästhetisch-künstlerisch befriedigendes „Bühnenbild“ darbiete, hängt natürlich nicht allein von der Beleuchtung ab. Dafür ist zunächst die Schaufensterdekoration maßgebend. Die Beleuchtung aber ist, wie auf der Bühne, im besonderen berufen, die Dekoration erst zur rechten Wirkung zu bringen.

Als Beispiel einer unklaren, wirkungslosen und geschmacklich wenig befriedigenden Dekoration, die durch unzulängliche Beleuchtung noch verschlechtert wird, ist der Schaufensterausschnitt in Bild 4a gegeben. Demgegenüber zeigt Bild 4b einen Ausschnitt aus einem ähnlichen Schaufenster, dessen Oberlichtstraster ein übersichtliches und ansprechendes Bild hervorbringt.

3. Forderung

Es ist selbstverständlich, daß das wesentlichste, das wichtigste Objekt, das der Aussteller am eindringlichsten zur Geltung bringen will, in das beste Licht gerückt wird, damit es als „Blickfang“ wirken kann. Dabei kommt es aber nicht allein auf den Beleuchtungsgrad, sondern vor allem auch auf die Beleuchtungsart an, durch die die typische Beschaffenheit und Eigenart des Objektes die rechte Ausprägung erfahren muß.

Wenn zum Beispiel der weiche Faltenwurf eines Gewandes unterstrichen werden soll, dann muß ein wohl abgestimmtes Schattigkeitsverhältnis eingestellt werden; nur-



Bild 4b: Gute Beleuchtung schafft klares Bild

gerichtetes Licht gibt zu tiefe, nur-diffuses Licht zu flache Schattenwirkung; in beiden Fällen leidet der plastische Ausdruck. Auch die Lichteinfallrichtung ist wichtig; einseitige Beleuchtung läßt harte und unnatürliche Schlagschatten entstehen, was insbesondere zum Beispiel für die Gesichter der Figurinen von Nachteil ist. Hier muß man für Aufhellung aus



Bild 5: Vorwiegend diffuse Beleuchtung durch Raster-Leuchtdcke (Leuchtstofflampen hinter Wabengitter); geringer Zusatz gerichteten Lichtes aus Glühlampenspiegeln



Bild 6: Diffuse „Oberlichter“ (Rasterleuchten mit Leuchtstofflampen); verstärkter Zusatz aus Spiegelreflektoren

anderer Richtung, von der Seite oder von unten her, sorgen. Soweit das nicht durch zusätzliche Leuchten, wie bei der Bühne durch Seiten- oder Fußrampen, geschehen kann, genügt auch die helle Auskleidung der Seitenwände und vor allem des Schaufensterbodens, um durch Reflexion einen schattensmildernden, indirekten Beleuchtungsbeitrag zu gewinnen.



Bild 7: Nackte Glühlampe verdirbt das Bild

Allerdings muß man bei der Wahl der Auskleidung darauf Bedacht nehmen, daß der Kontrast des hervorzuhebenden Objektes gegenüber seinem Hintergrund nicht verlorengeht; denn auch dieser Kontrast ist für die Unterstreichung einer optischen Absicht von besonderer Bedeutung.

In Bild 5 ist ein hell ausgekleidetes und vorwiegend diffus beleuchtetes Schaufenster wiedergegeben. Der gut und gleichmäßig ausgeleuchtete Schaufensterraum ergibt milde, aber doch plastische und natürliche Schattigkeit; die Hauptobjekte, in guter Kontrastgebung zum Hintergrund, treten eindrucksvoll hervor. Die diffuse Beleuchtung wird durch eine Leuchtstofflampen-Rasterdecke aus transparentem Gittermaterial erzeugt; zur Belebung der Schattigkeit sind aber auch hier wieder einige kleine Glühlampen-Spiegeltiefstrahler eingefügt.

Wo auf das Hervorheben des Glanzeffektes besonderer Wert zu legen ist, wie etwa bei Seidenstoffen, Glaswaren, glänzenden Metallen, Edelsteinen und dergleichen, kommt man mit allzu diffuser Beleuchtung nicht aus; zur Betonung der Brillanz ist ein gerichteter Akzent der Beleuchtung unerlässlich. Hier muß also das Gewicht der Spiegelreflektoren neben dem der diffusen „Oberlichter“ noch deutlicher eingesetzt werden. Das ist in dem Schaufenster in Bild 6 gezeigt, wo der gerichtete und der zerstreute Beleuchtungsanteil sich ungefähr die Waage halten. — Oft werden die Spiegelreflektoren auch so angeordnet, daß man ihr Licht

auf bestimmte Punkte konzentrieren kann, um dort eine besondere Markierung durch sog. „Spitzlichter“ (mit Beleuchtungsstärken von 1000 bis 10 000 lx) zu erzielen.

Für das charakteristische Erscheinungsbild der Dinge ist auch die Lichtfarbe der Beleuchtung von wesentlicher Bedeutung. Da das sog. „weiße“ Licht in den verschiedensten Tönungen variieren kann, kommt es darauf an, für ein Schaufenster die Lichtfarbe auszuwählen, in der die ausgestellten Gegenstände am vorteilhaftesten zur Wirkung kommen. Im allgemeinen wird das abendliche Bühnen- und ebenso Schaufensterlicht am angenehmsten empfunden, wenn es etwa den Farbcharakter der Glühlampe oder einer ähnlich getönten Leuchtstofflampe hat. Bei Lebensmitteln, insbesondere Fleischwaren, ist ein leicht rötlicher Ton zu bevorzugen; er läßt die Fleischfarbe frischer erscheinen. Bei Blumen und vor allem bei Blattpflanzen kann das „künstliche Tageslicht“ mit seinem höheren Grün- und Blaugehalt von Vorteil sein.

Der kurzweilige Strahlenanteil ist auch bei Silber u. ä. Gegenständen erwünscht; er erhöht den typischen Silberglanz. Ebenso kann die Tageslichtfarbe bei ausgesprochenen Sommer- und Sonnenstoffen, bei farbenfreudigen Nachmittagskleidern u. ä. empfohlen sein. In solchen Fällen kommt außer der Tageslicht-Leuchtstofflampe auch das Quecksilber-Mischlicht in Betracht, wobei man am besten wieder eingelassene Spiegelreflektoren verwendet, die man zum Erzielen der

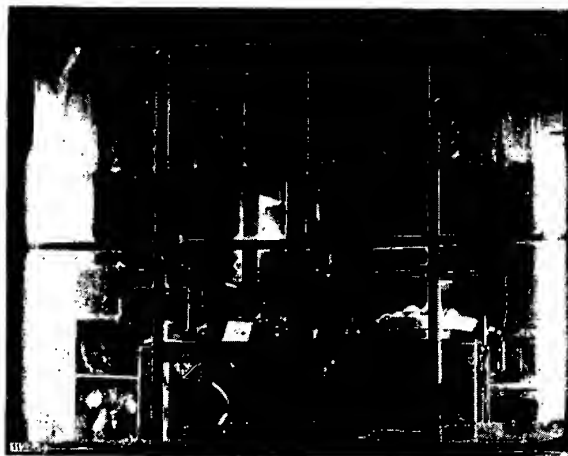


Bild 8: Freistrahkende Leuchtstofflampe stört das Bild

gewünschten Lichtmischung abwechselnd mit Glühlampen und Quecksilberlampen bestückt.

4. Forderung

Man würde es bei der Bühne als unerträglich empfinden, wenn die technischen Mittel der Beleuchtungsanlage im Bühnenbild sichtbar würden, nicht nur, weil die Lampen und Leuchten den Zuschauer blenden könnten, sondern weil ihr Erscheinen an sich das Bild empfindlich stören würde. Mit der gleichen Strenge muß es grundsätzlich auch beim Schaufenster abgelehnt werden, daß die Mittel der Beleuchtung sich in seinem Bilde störend bemerkbar machen.

Eine Schaufensterbeleuchtung nach Art von Bild 7, die den Beschauer blendet und für den Aussteller keinesfalls wirbt, sollte es heute nicht mehr geben. (Daß sie immer noch angetroffen wird, macht nur umsomehr deutlich, wie sehr Aufklärung auf diesem Gebiet noch nützt.)

Aber auch die unabgeschirmte Leuchtstofflampe, auch wenn ihre Leuchtdichte weit weniger blendet als die der Glühlampe, wirkt im Schaufenster, wie Bild 8 zeigt, nur störend. Der Gedanke, durch die langgestreckten Leuchtstofflampen, die vorn am Fensterahmen, oben oder an der Seite, angesetzt sind, eine gute Ausleuchtung der Auslage zu erzielen, ist im Grunde nicht schlecht; diese Absicht wird aber völlig verdorben, wenn die ungeschützten Lampen — geradezu in einem Schulbeispiel der



Bild 9: Eckschaufenster mit blendungsfreien, kombinierten Rasterleuchten in der Decke

Umfeldblendung — den klaren Durchblick ins Schaufenster behindern und den Beschauer belästigen. (Die Störung ist ja für das Auge, zumal in der dunkleren Umgebung, in Wahrheit noch viel deutlicher, als sie im Bilde wiedergegeben werden kann.) Wenn man dieses Beleuchtungsverfahren anwenden will, dann geht es nur unter der Voraussetzung, daß die Leuchtstofflampen so hinter dem Rahmen oder hinter besonderen Blenden verschwinden, daß sie für den Passanten und Beschauer sicher verborgen bleiben.

Ganz abwegig aber ist es, freistrahkende Leuchtstofflampen im Schaufenster bewußt als „Leuchtreklame“ oder „Blickfang“ verwenden zu wollen; das widerstrebt durchaus dem Sinn des Schaufensters und der Schaufensterbeleuchtung. Nackte Lampen — wenn sie nicht gerade selbst Objekt der Auslage eines Lampengeschäftes sein sollen — gehören aus lichttechnischen, physio-psychologischen und ästhetischen Gründen einfach nicht ins „Bühnenbild“ des Schaufensters!

Besondere Schwierigkeiten entstehen allerdings dann, wenn es sich um Eckschaufenster oder ähnliche Auslagen handelt, die von zwei oder mehreren Seiten her eingesehen werden. Dort ist eine völlige Verdeckung der Beleuchtungsanlage nicht immer möglich. Diffuse Leuchdecken niederer Leuchtdichte oder Rasteroberlichter ermöglichen auch hier vorbildliche Lösungen, wie es zum Beispiel am Eckschaufenster in Bild 9 gezeigt wird. In der Decke eingelassene Rasterfelder mit Leuchtstofflampen schaffen den großflächig-diffusen Beleuchtungsanteil; zusätzliche Spiegel-tiefstrahler, gleichfalls in die Decke versenkt und mit Blendschutzrastern versehen, liefern den notwendigen Beitrag an gerichtet-betonter Beleuchtung. Es ergibt sich so eine hinsichtlich Schattigkeit und Farbigkeit gleichermaßen glückliche Kombination. Der Lichtspender ist zwar nicht gänzlich verborgen, er ordnet sich aber unauffällig, ja in geradezu gefälliger Schlichtheit in das Gesamtbild ein.

Auch mit Spiegelreflektoren allein, wenn sie richtig gebaut und tief genug in die Decke eingezogen sind, kann die Beleuchtung eines Eckschaufensters, wie Bild 10 bestätigt, erfolgreich gelöst werden.

Das kombinierende Prinzip gemäß Bild 9 eignet sich besonders gut auch für Schaufensterpassagen, wo der Durchblick in zwei entgegengesetzten Richtungen möglich ist und die Schaufensterbeleuchtung zugleich auch die Verkehrsbeleuchtung für die Passage abgeben muß.

Auch bei freistehenden Vitrinen, die nach jeder Richtung eine gute „Schauseite“ zeigen sollen, wird die Beleuchtungsanlage am besten ganz in der Decke untergebracht; die diffuse Leuchdecke, die eine allseitig gute, schatten- und blendungsfreie Beleuchtung gibt, stellt eine sehr zweckmäßige Lösung dar.

5. Forderung

Wenn das Schaufenster auch die Aufgabe hat, durch Grad und Art seiner Lichtgebung sich optisch hervorzuheben, so soll es dabei doch nicht aufdringlich, unangenehm oder gar störend wirken. Es soll nicht gewaltsam übertrumpfen, überschreien wollen. Bei aller berechtigten und erwünschten Lichtfülle in Haupt- und Geschäftsstraßen sind Übertreibungen bei der Schaufensterbeleuchtung, sobald sie als solche empfunden werden, fehl am Platze. Auch hier liegt in maßvoller Beschränkung die wahre Meisterschaft. Man zeige mehr Qualität denn Quantität!

Trotz reizvoller Vielfalt im einzelnen verlangt das Straßenschaufenster doch eine gewisse Geschlossenheit im Gesamtcharakter, dem sich die Schaufensteranlagen organisch anpassen sollen. Und darum muß auch bei der Schaufensterbeleuchtung, wenigstens in der großen Linie, eine gewisse Einheitlichkeit des Stils gewahrt werden. Selbstverständlich muß sich die Schaufensterbeleuchtung (wie jede Art von Reklamebeleuchtung) den höheren baukünstlerischen Gegebenheiten beugen und erforderlichenfalls hinter diese zurücktreten.

Ganz gewiß aber geht es nicht an, daß die Schaufensterbeleuchtung etwa den Straßenverkehr stört und die Verkehrsteilnehmer belästigt oder gar gefährdet. Auch aus diesem Grunde sind ungeschützte Lichtquellen im Schaufenster unter allen Umständen zu vermeiden.

Wenn die Aufgabe der Schaufensterbeleuchtung nach den neuzeitlichen Erkenntnissen und Methoden gelöst wird, wie sie in den vorstehenden positiven Beispielen aufgezeigt sind, dann wird es ohne weiteres gelingen, auch die letzte, die 5. Forderung zu befriedigen.

Die Bilder wurden in dankenswerter Weise von folgenden lichttechnischen Firmen zur Verfügung gestellt: Siemens-Schuckert-Werke, Erlangen; Dr.-Ing. Schneider & Co., Frankfurt a. M.; Zeiss-Ikon AG., Berlin-Friedenau; Deutsche Philips GmbH., Hamburg.



Bild 10: Eckschaufenster nur mit Spiegelreflektoren, tief in die Decke eingezogen

Über die Vorgänge beim Trocknen und Lacktränken von Wicklungen

Von A. Wagner, Frankfurt a. M.

Eine einwandfreie Trocknung und Tränkung der Wicklung von elektrischen Maschinen ist zum Erreichen einer guten Betriebssicherheit und Lebensdauer unerlässlich. Die physikalischen Vorgänge beim Trocknen und Tränken werden kurz erläutert und die Folgerungen für eine einwandfreie Behandlung der Wicklungen gezogen.

Im Elektromaschinenbau ist es meist nötig, die Wicklungen der Maschinen mit Lack zu tränken, um die nötige Betriebssicherheit zu erreichen. Das gilt für umspinnenen Wickeldraht ebenso wie für Lackdraht. Die Imprägnierung dient verschiedenen Zwecken. In erster Linie soll sie eine gute Isolierung auf längere Zeit sichern. Die genügende Isolierfestigkeit ist auch in den „trockenen“ Räumen keine Selbstverständlichkeit, da die Luftfeuchte starken Schwankungen unterworfen ist. Von den Meßgeräten wird die Luftfeuchte in Prozenten angegeben. Diese Prozentwerte besagen z. B. daß die Luft 50% der in Dampfform möglichen Feuchtigkeit enthält. Bei einer Temperatur von 25° C sind in jedem Kubikmeter Luft in diesem Falle 11,5 g Wasser in Dampfform enthalten. Sinkt die Temperatur in dem Raum in der Nacht auf 10°, so kann die Luft nur noch höchstens 9,4 g Wasserdampf halten. Sie hat dann eine Luftfeuchte von 100%. Die übrigen 2,1 g werden in Tropfenform an den kältesten Stellen niedergeschlagen. Das sind meist die Metallteile der Maschinen, sowie die Wicklungen. Es ist daher verständlich, daß in den sogenannten trockenen Räumen im normalen Betrieb leicht Feuchtigkeitsniederschläge auftreten können. Noch wesentlich größer ist die Gefahr in feuchten Räumen.

Die verschiedenen Isolierstoffe haben für Feuchtigkeit eine ganz verschiedene Saugfähigkeit. Gerade die in der Wickerei verwendeten Isolierstoffe wie Baumwolle, Seide und Papier haben eine Wasseraufnahmefähigkeit bis zu 10%, die zu einer Verschlechterung des Isolationswiderstandes auf 10% und weniger, schon bei geringerer Feuchtigkeit führt.

Die Lackisolierung unserer Lackdrähte verhält sich günstiger, sie verschlechtert ihre Isolationsfestigkeit aber auch durch Aufnahme von Feuchtigkeit. Die Entziehung möglichst aller Feuchtigkeit aus der Isolierung und der Schutz gegen Wiederaufnahme ist daher die erste Forderung nach der Wickelarbeit.

Ein weiterer, bei höheren Betriebsspannungen ausschlaggebender Zweck der Imprägnierung ist die Sicherung einer genügenden Spannungsfestigkeit. Die dreifache Betriebsspannung muß nach den VDE-Vorschriften gewöhnlich von den Wicklungen gegeneinander und gegen Körper ausgehalten werden. Die Spannungsfestigkeit hängt zwar mit der Isolierung zusammen, ist aber außerdem von der Form und Größe des elektrischen Feldes innerhalb der Isolierung abhängig. Es ist eine bekannte Tatsache, daß jede Luftschicht in der Isolierung den Ansatzpunkt für einen späteren Durchschlag darstellt, da dort die Durchbruchfeldstärke der Luft leicht überschritten wird. Das kann schon von 500 V ab eintreten. Spannungen bis 1000 V werden heute schon in vielen Umspannern der Fernmeldetechnik verwendet. Aus diesem Grund ist eine Ausfüllung der schädlichen Lufträume innerhalb der Isolierung eine Forderung, auf die in vielen Fällen nicht verzichtet werden kann.

Schließlich dient die Lacktränkung vielfach dazu, dem ganzen Wickelkörper eine genügende mechanische Festigkeit zu geben dadurch, daß der Lack die Drähte zu einem festen Körper zusammenbackt. Bei den Wickelköpfen elektrischer Maschinen ist es dann oft möglich, auf eine besondere Abstützung zu verzichten.

Eine fertige Spule enthält nach dem Wickeln zwischen den einzelnen Drähten und in den Zwischenisolierungen Lufträume verschiedener Form und Größe, wie sie in Bild 1 angedeutet sind. Sie sind in den inneren Schichten vollkommen durch Isolierstoff und Metall abgeschlossen und können nur infolge der Durchlässigkeit der Isolierung von außen her beeinflusst werden. Bei einer Wicklung, die getränkt werden soll, müssen deshalb die Isolierstoffe möglichst durch-

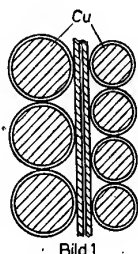


Bild 1:
Schematische Darstellung der Wicklung

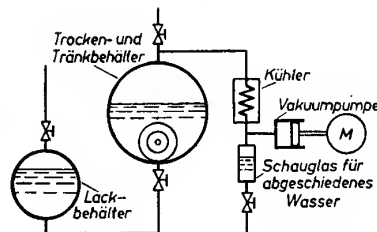


Bild 2: Prinzipskizze der Trocknungsanlage

lässig sein, um ein Eindringen von Tränklack zu erleichtern. Dieser Forderung genügt in ausreichendem Maße nur die Umspinnung mit Textilfasern und für die Zwischenisolierungen noch am besten der hochwertige Pressspan. Jedes Ölleinen wäre fehl am Platze. Zur Ausnutzung der hervorragenden Isoliereigenschaften dieser Stoffe ist die Entziehung der immer vorhandenen Feuchtigkeit die Vorbedingung. Mir ist ein Fall aus meiner Praxis in Erinnerung, bei dem ein gekapselter Schutztransformator von 500 VA in einem ungeheizten Raum nach einigen Wochen Dauereinschaltung in dem Gußgehäuse ein kleines Glas voll Wasser abgeschieden hatte. Durch Kondensation an dem kalten Gußkasten hatte sich die Feuchtigkeit aus den Wicklungen infolge Heizung durch die Verlustwärme des Umspanners im unteren Kastenteil gesammelt. Der Isolationszustand des Umspanners war bei der Lieferung ausreichend. Die Feuchtigkeit hätte aber im Betrieb nach einiger Zeit leicht zu einer unzulässigen Verschlechterung geführt. Die Prüfungen nach den Vorschriften können solche Fehler nicht immer erfassen. Mit Recht wird deshalb auf die richtige Vortrocknung der größte Wert gelegt.

Die Trocknung dauert bei normaler Zimmertemperatur viele Tage. Sie beruht darauf, daß die Luft immer bestrebt ist, sich voll mit Feuchtigkeit zu sättigen. Infolge des geringen Luftwechsels zwischen den Isolierstoffteilen mit ihren Hohlräumen und der Außenluft, dauert die Trocknung sehr lange. Je trockner die Luft ist, desto besser wird die Trocknung vor sich gehen. Da die Luft bei 20° C 17,3 g/m³ Wasser bei 100% Feuchtigkeit, bei 100° aber 599 g/m³ enthalten kann, so ist bei gleicher Wassermenge im Kubikmeter die heiße Luft relativ viel trockner. Das sichert die schnelle Verdunstung der Feuchtigkeit an der Oberfläche. Die feuchte Luft muß besonders abgeführt und muß getrocknet werden. Die Trocknung in den tieferen Schichten wird durch die Erwärmung des Wickelkörpers selbst stark beschleunigt. Verdampfung von Wasser erfordert Wärmezufuhr. Je höher die Temperatur ist, besonders aber bei Siedetemperatur (100° C), desto schneller geht die Verdampfung vor sich. Der Dampf hat dann immer noch die starken Bindungskräfte in den Quellkörpern Gespinnst und Papier zu überwinden.

Noch wesentlich schneller und besser zu überwachen ist die Trocknung unter Vakuum. Wird der Druck im Trockenraum auf z. B. 30 Torr (mm Quecksilbersäule) oder etwa 0,04 kg/cm² durch eine entsprechende Pumpanlage gesenkt, so liegt die Siedetemperatur schon bei 30° C. Die Verdampfung bei Heizung mit 100° C ist dann sehr lebhaft. Die abgeschiedene Wassermenge kann hinter der Pumpe leicht gesammelt werden und dadurch die Trocknung überwacht werden (Bild 2). Steigt das Wasser im Schauglas nicht mehr, so ist die Trocknung mit Sicherheit praktisch vollendet. Zur Vakuumtrocknung wird die Vakuumtränkanlage mitbenutzt.

Kleine Körper werden meist durch Tauchen mit Lack getränkt. Um die Forderung nach voller Ausfüllung der Hohlräume zu erfüllen, muß der Lack zunächst möglichst dünnflüssig sein. Das wird durch Verdünnungsmittel erreicht, die aus Benzin, Benzol oder ähnlichen, leicht flüchtigen Lösungsmitteln bestehen und die bei der Lacktrocknung wieder ausgeschieden werden. Zu starke Verdünnung füllt die Hohlräume mit zu wenig festen Lackbestandteilen. Um dies zu vermeiden, wird bei einigen Lacksorten der Lack auf etwa 60° angewärmt, wodurch er dünnflüssiger wird. Diese Maßnahme ist nicht bei jedem Lack anwendbar, da bei höheren Temperaturen schon die chemischen Veränderungen einsetzen, die zur Lacktrocknung führen. Die praktischen Erfahrungen im Gebrauch und die Erfahrungen der Lackhersteller in den Gebrauchsanweisungen müssen daher berücksichtigt werden.

Bei der Tauchtränkung werden die oberen Schichten der Wicklung, die noch einige Verbindung mit der Oberfläche haben, schnell von Lack vollgesogen, da die Luft aus den Hohlräumen entweichen kann. Das ist durch das Aufsteigen von Blasen im Bad sichtbar. Die Hohlräume in den unteren Schichten sind aber nur durch enge Schlitzte zugänglich, und die Luft ist nach außen sehr bald durch Lack vollkommen gegen Entweichen abgeschlossen. Soweit nicht eine gewisse Kapillarwirkung der Isolierstoffe die Durchtränkung unterstützt, werden die unteren Schichten nur sehr unvollkommen und erst nach längerer Zeit vom Lack erfaßt. In die Hohlräume selbst kann der Lack nicht eindringen, da die Luft nicht entweichen kann. Bleibt die Spule, die mit etwa 100°C aus dem Trockenofen kommt, aber noch bis zur Abkühlung

auf Raumtemperatur im Lackbad, so kühlen sich auch die Luftblasen in der Wicklung auf etwa 20°C ab. Dabei nimmt das Volumen der Luftblasen ab. Dadurch wird Lack nachgezogen. Von dieser einfachen physikalischen Erscheinung wird auch meist Gebrauch gemacht. Die Tauchtränkung kann aber eine volle Ausfüllung der Hohlräume nicht sichern. Sie bleibt daher immer unvollkommen, wenn sie auch in vielen praktischen Fällen als ausreichend angesehen wird.

Eine wesentlich vollkommener Füllung der Hohlräume erreicht die Imprägnierung in der Vakuumtränkanlage. Nach den Gasgesetzen entspricht großem Druck ein kleines Gasvolumen und umgekehrt. Formelmäßig ist

$$v_2 : v_1 = p_1 : p_2; \quad v_2 = v_1 (p_1 : p_2)$$

wobei v_1 = Volumen bei niedrigem Druck, v_2 = Volumen bei hohem Druck, p_1 = Vakuumdruck, p_2 = Luftdruck ist. Nimmt man an, daß ein Vakuum von 50 Torr erreicht wird, gegenüber 750 Torr Luftdruck, so ergibt sich

$$v_2 = v_1 \cdot \frac{50}{750} = v_1 \cdot 0,067$$

Das Volumen der Gasblasen wird bei Ablassen des Vakuums auf 6,7% des Volumens unter Vakuum zurückgehen. Damit werden etwa 93% der Hohlräume durch Lack ausgefüllt. Die technische Einrichtung einer solchen Anlage zeigt Bild 2 schematisch. Für große Werkstücke ist der Aufwand natürlich sehr erheblich. Die Qualität der Trocknung und Tränkung ist aber unübertroffen.

Anschließend an die Tränkung erfolgt dann die Lacktrocknung im Trockenofen, die ähnliche Aufgaben stellt wie die Trocknung der Wicklung.

Beschädigung eines Transformators durch die Kühlschlange

Ein häufig angewendetes Mittel zum Abführen der in Maschinen erzeugten Verlustwärme ist eine Kühlschlange. Besonders oft findet man sie bei größeren Leistungstransformatoren.

Die Kühlschlange besteht vielfach aus nahtlos gezogenem Bleirohr von 1/2 ... 1" I.W. und 3 ... 4 mm Wandstärke, das je nach Kühlleistung in mehreren Windungen und oft in zwei parallelen Längen von 20 ... 30 m im Trafokessel hängend angebracht wird. Die Kühlflüssigkeit, meist Frischwasser, wird der Schlange unter geringem Druck (0,5 bis 2 atü) oben zugeführt und fließt am unteren Ende frei aus in ein Ablaufrohr. Die Kühlleistung des Systems und damit die Temperatur des Transformators wird durch Änderung des Drucks bzw. der Wassermenge durch ein Drosselventil am Einlauf eingestellt, so daß in den Kühlröhren selbst im allgemeinen kein nennenswerter Überdruck auftreten kann.

Ein in dieser Weise gekühlter Trafo von 2000 kVA und 5/35 kV erlitt bei ruhigem Betrieb einen heftigen Überschlag im Kessel, der neben erheblichen Wicklungsschäden auch Ausbauchungen der Kesselwandungen zur Folge hatte, so daß der Trafo für längere Zeit im Betriebe ausfiel. Die Untersuchung ergab, daß ein von Teilen der 35 kV-Wicklung ausgegangener Lichtbogen nach dem mittleren Teil der Kühlschlange übergeschlagen und offenbar bis zum Auslösen des Überstromschalters stehen geblieben war. Bei verhältnismäßig geringen Schmorstellen zeigte die besonders betroffene Windung der Kühlschlange mehrere klaffende Längsrisse von 15 bis 25 mm Länge in wenigen cm Abstand, die alle in gleicher Längsline in einer der kaum wahrnehmbaren Ziehriefen verliefen.

Als vermutliche Ursache für die Einleitung des Lichtbogens wurde bei genauer Untersuchung der benachbarten Rohrwindungen in kurzem Abstand ein haarfeines Loch im Bleirohr in der gleichen Längsline entdeckt, durch das dauernd ein feiner Wasserstrahl ins Öl gelangen konnte.

Die Behauptung des hinzugezogenen Trafoherstellers, daß nur nahtloses Bleirohr verwendet worden sei, war zunächst nicht zu widerlegen, mußte aber sehr angezweifelt werden, als die ausgebaute Kühlschlange im Vergleich mit einem neuen Rohrstück gleichen Querschnitts und gleicher Wandstärke einer Druckprobe unterworfen wurde. Letzteres platzte nach allmählicher Aufblähung bei etwa 70 atü, während die

Kühlschlangenstücke bei 25 ... 30 atü ohne vorherige Aufblähung glatt aufrissen und zwar wieder in der Linie der erwähnten Ziehriefe, was auf ein Rohr mit Lötnaht hindeuten dürfte.

Wenn nun auch die Ursache des Lichtbogenüberschlages als geklärt gelten konnte, so war doch für das eigenartige Platzen der Kühlschlange kein einleuchtender Grund anzugeben. Das Auftreten von nennenswerten Wasserschlägen und Druckstößen aus der Zuleitung mußte bei der beschriebenen Anordnung des freien Auslaufes als ausgeschlossen gelten; auch Verstopfung der Schlange war bei der Klarheit des zur Sicherheit noch gefilterten Wassers und der kaum wahrnehmbaren Kesselsteinbildung ausgeschlossen.

Nach eingehender Untersuchung fand der Vorgang schließlich eine überraschende Aufklärung:

Durch den Lichtbogen, der bis zum Auslösen des Schalters rd. 5 s auf den mittleren Teil der Kühlschlange einwirken konnte, wurde das darin enthaltene Wasser in kurzer Zeit zum Kochen gebracht. Die Massenträgheit des vor und hinter der Lichtbogenstelle in der Kühlschlange langsam dahinfließenden Wasserstranges verhinderte ein schnelles Entweichen des Dampfes, so daß kurzzeitig hoher Überdruck entstehen mußte, dem das Rohrmaterial nicht stand hielt.

Wenn auch aus der Erfahrung des vorliegenden Falles nicht eine allgemeine Verurteilung der wasserdurchflossenen Kühlschlangen für Transformatoren hergeleitet werden soll, so ist doch die Forderung unabdingbar, daß als Material nur bestes, wirklich nahtloses Rohr verwendet und die Kühlschlange vor ihrem Einbau einer Druckprobe von rd. 20 atü für eine Stunde unterworfen wird.

Besonderes Augenmerk bei der Betriebsüberwachung der mit Kühlschlange ausgerüsteten Trafos ist sodann auf die häufige Untersuchung des — unten aus dem Trafo entnommenen Öls auf Feuchtigkeit zu richten (Spratzproben, Durchschlagsproben). Auch die Kühlschlange selbst sollte von Zeit zu Zeit ausgeblasen und für eine Stunde unter Druckluft gesetzt werden, wobei sich Undichtigkeiten durch Druckabfall und Luftansammlung in einem etwa vorhandenem Buchholz-Schutzapparat bemerkbar machen.

Das Ausblasen der Kühlschlange ist auch dann zu empfehlen, wenn der Trafo bei Frostgefahr längere Zeit außer Betrieb bleibt.

Ing. W. S t a h l.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2014/12/22
: CIA-RDP80-00926A004000480001-6

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2014/12/22
: CIA-RDP80-00926A004000480001-6

ing, held to, June 1951

Neues elektrisches Installationsmaterial in der Ostzone

Von E. J. Heynemann

Der Mangel an Isolierrohren in der Ostzone zwingt zu einer Umstellung der Installationstechnik. Abweichend von den alten Verfahren und Werkstoffen verwendet man Ersatzrohre aus Kunststoff, Gummi, Glas usw. Nachstehend wird über dieses neue Installationsmaterial berichtet.

Rohre aus thermoplastischen Kunststoffen

Eine große Bedeutung haben in den letzten Jahren die sogenannten Vinydur- bzw. Decelith H-Rohre (neuere Bezeichnung PVC-Rohre) gefunden. Vinydur ist ein thermoplastischer, bei rd. 80° C weichender und bei rd. 130° C gut verformbarer, unbrüchiger, geruchfreier Kunststoff von rotbrauner Farbe auf der Basis von Polyvinylchlorid (PVC) ohne Füllstoff- oder Weichmacherzusatz. Polyvinylchlorid entsteht durch Polymerisation¹⁾ von Vinylchlorid, das aus Azetylen durch Anlagerung von Salzsäure gewonnen wird.

Die obere technisch ausnutzbare Temperaturgrenze des Kunststoffes liegt bei 70° C, während die untere Grenze bei -20° C liegt. Bei Kälte neigt er zu Sprödigkeit. Rohrleitungen und Geräte können aber bei sachgemäßer Verlegung auch im Freien verwendet werden. Hervorzuheben ist die große Angriffsbeständigkeit gegen chemische Einwirkungen, Säuren, Fette und Mineralöle.

Erstmalig wurden die Vinydur-Rohrleitungen für Flüssigkeiten in den Jahren 1936/37 verwendet, wobei sie sich gut bewährten. Die handelsüblichen Vinydurrohre nach DIN 8061 und 8062 sind für Druckstufen von 0,5, 2,5 und 6 kg/cm² genormt. Sie werden nach Außendurchmesser und Wandstärke bezeichnet; die Herstellungslänge liegt zwischen 3 und 4 m.

In Abhängigkeit von der Wandstärke können die Rohre wie folgt verlegt werden:

- Bis zur Druckfestigkeit von 0,5 kg/cm² in trockenen Räumen auf und unter Putz.
- Bis zur Druckfestigkeit von 2,5 kg/cm² im Freien, in feuchten und Säurebauten.
- Bis zur Druckfestigkeit von 6 kg/cm² in explosionsgefährdeten Räumen.

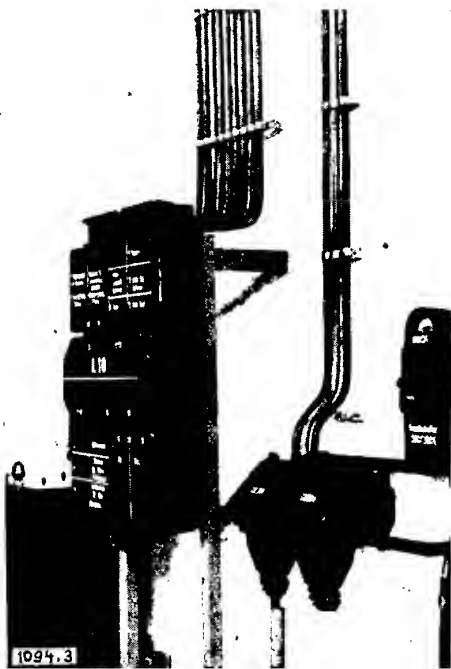


Bild 1: Vinydur-Installation einer Verteilergruppe

¹⁾ Unter Polymerisation versteht man die Zusammenlagerung von Molekülen des gleichen Stoffes, wodurch sich die mechanischen Eigenschaften des Stoffes ändern.



Bild 2: Glasinstallationsrohr mit Krümmer und Muffe

Bei der Installation von Vinydur-Rohrleitungen werden weder Rohrkrümmer noch Biegezeugen benötigt. Die Rohre werden nach Erwärmung im elektrischen Ofen, im heißen Ölbad, mit der weichen Flamme eines Gasbrenners oder einer Lötlampe bei rd. 130° C verformt. Um beim Biegen Querschnittsverengungen und Faltenbildungen zu vermeiden, füllt man das zu biegende Rohr vor dem Erwärmen mit möglichst auf rd. 130° C vorgewärmten Sand oder man verwendet ein Stück passenden Metallschlauch, das man in das zu biegende Rohr schiebt. Die günstigste Verformungstemperatur ist im allgemeinen 130° C. Während der Erwärmung muß das Rohr dauernd gedreht werden, um eine örtliche Überhitzung zu vermeiden. Sobald das warm verformte Stück die gewünschte Form erreicht hat, wird es durch Wasser oder Luft rasch abgekühlt. Beim Biegen ist ein kleinster Krümmungsradius von 4 x Nennweite zulässig (Bild 1).

Es können sowohl lösbare als auch unlösbare Rohrverbindungen hergestellt werden. Im ersten Falle wird ein Rohrende bis zur Verformungstemperatur erwärmt und mit Hilfe eines Metall- oder Holzdornes aufgeweitet, so daß das andere Rohrende eingeschoben werden kann. Der Kalibrierdorn wird leicht mit Maschinenöl eingefettet und muß handwarm sein. Unlösbare Verbindungen, besonders bei Explosionsgefahr und in feuchten Räumen, werden durch geklebte Muffen hergestellt.

Vinydur-Rohrleitungen können auch im freien Erdreich verlegt werden. Die Leitung ist lediglich in frostgeschützter Tiefe zu verlegen (1 bis 1,5 m) und durch Abdecksteine zu schützen.

Im wesentlichen lassen sich Vinydurrohre nach den in der Installationstechnik bisher üblichen Bedingungen verlegen. Die Bauzeiten verändern sich nur unwesentlich. Das Vinydurrohr kann deshalb als vollwertiger Austauschwerkstoff für elektrische Rohrleitungen angesehen werden. In chemischen Betrieben wird sich das PVC-Rohr künftig kaum durch ein anderes Rohrmaterial ersetzen lassen.

Glasrohre

Einen weiteren brauchbaren Ersatz für die Metallrohre hat man im Glas gefunden. Dieses Material steht in jeder Menge zur Verfügung und ist billiger als alle anderen Werkstoffe.

Die Isolierrohre werden aus Schilling-Apparatglas in handlichen Längen von etwa 1,50 m hergestellt. Fertige Krümmer verschiedener Radien und Biegungsgrade werden geliefert, so daß fast jede gewünschte Leitungsführung möglich ist. Die Rohrdurchmesser sind entsprechend dem genormten Installationsmaterial festgelegt (Bild 2).

Glasisolierrohre sind besonders für die Verlegung unter Putz geeignet (Bild 3). Die Rohre werden auf der Baustelle einfach mit einem Glasschneider oder einer Dreikantfeile zugeschnitten.



Bild 3: Wohnungsinallation mit Glasrohr fertig zum Einziehen der Drähte

ten. An den Stoßstellen der Rohre werden mittelgelieferte Gummimuffen verwendet, wodurch das Leitungssystem während der Montage genügend beweglich bleibt. Die Rohre werden in der ausgestemten Mauerfuge durch Anwurf von Gips in der üblichen Weise befestigt. Dank ihrer kräftigen Wandung sind die Rohre der rauen Behandlung auf den Baustellen gewachsen. Ein Zerbrechen nach dem Verputzen ist nahezu ausgeschlossen. Von Vorteil ist das leichte Einziehen der Drähte infolge der ideal glatten Innenwand.

Das für die Isolierrohre verwendete Apparateglas ist äußerst säurefest. In thermischer Hinsicht sind die Rohre sehr widerstandsfähig. Bei etwaigen Schäden an den Leitungsdrähten stellt das Glasrohr einen hochwertigen Isolator dar, wodurch die Brandgefahr verringert wird.

Eine Unterputzinstallation in Rohren aus Spezialglas ausgeführt, stellt einen vollwertigen Ersatz für verbleite Isolierrohre dar.

Gummirohre

Gummirohre wurden schon vor vielen Jahren bei der Hausinstallation verwendet. Das seit einiger Zeit wieder in den Handel kommende Gummirohr ist aus Buna hergestellt. Eine Drahtbewicklung ist nicht mehr vorhanden, weshalb das Rohr bei der Montage infolge seiner geringen mechanischen Festigkeit sehr leicht Querschnittsverengungen erleidet. Trotz reichlicher Talkumpuderung des Rohrinneins ist die Rauigkeit noch so erheblich, daß sich die Drähte nach dem Verlegen nur schwierig oder gar nicht einziehen bzw. wieder

auswechseln lassen, abgesehen von kurzen geraden Strecken. Besondere Forderungen sind hinsichtlich der Leitfähigkeit und der Entflammbarkeit zu stellen, da anfänglich auch stromleitende und brennbare Gummiarten auf den Markt gekommen sind. Bei Stromdurchgang infolge Isolationsfehler werden diese Rohre heiß, brennen und verkohlen.

Gummirohre sind sowohl zur Verlegung unter Putz in trockenen Räumen als auch zur festen Verlegung auf Putz in trockenen Wohn-, Büro- und ähnlichen Räumen zugelassen, in denen eine besondere mechanische Gefährdung nicht zu erwarten ist. Bei der Unterputz-Installation werden die Rohre durch Anwurf von Gips in der üblichen Weise befestigt. Bei der Aufputz-Montage verwendet man Rohrscheiteln. Unschön wirken die starkwandigen Verbindungsmuffen, die ebenfalls aus Gummi hergestellt sind.

Die Verwendung der Gummirohre ist nur widerruflich zugelassen. Im allgemeinen soll auf dieses Leitungsschutzrohr nur zurückgegriffen werden, wenn keine andere Möglichkeit besteht, elektrische Anlagen mit vorschriftsmäßigem Material auszuführen.

Papprohre

Für Papprohre ist eine Imprägnierung gegen Entflammbarkeit und Feuchtigkeit vorgeschrieben. Außerdem müssen die Rohre eine ausreichende mechanische Festigkeit haben und dürfen sich beim sachgemäßen Schneiden nicht in einzelne Papierschichten auflösen. Die Rohre sind so bemessen, daß die Zubehörteile für normale Installationsrohre verwendet werden können.

Imprägnierte Papprohre sind zur festen Verlegung auf Putz in trockenen Wohn-, Büro- und ähnlichen Räumen, in denen eine besondere mechanische Gefährdung nicht zu erwarten ist und zur Verlegung unter Putz in trockenen Räumen, z. B. in Wohnräumen — mit Ausnahme der Küche — in Büroräumen und Treppenhäusern, zugelassen. Die Unterputz-Verlegung in Neubauten ist nicht zulässig, da die Rohre trotz Imprägnierung noch hygroskopisch sind.

Nach den bisherigen Erfahrungen haben sich Papprohre zufriedenstellend bewährt.

Schlußbetrachtung

Das beschriebene Verlegungsmaterial bietet gegenüber den früher verwendeten Isolierrohren mancherlei Vorteile. Die Zukunft wird es zeigen, ob es den verbleiten Metallrohren ebenbürtig ist. Im allgemeinen wird es begrüßt, daß durch die vorläufige Zulassung von Ersatzrohren der bestehende Engpaß überwunden werden kann. Damit die den VDE-Bestimmungen entsprechenden Bedingungen über Feuer-sicherheit, Betriebssicherheit und Unfallsicherheit erfüllt werden, wird die Zulassung der neuen Rohrleitungen von der Einhaltung besonderer Mindestanforderungen abhängig gemacht.

Messung der Dicke feiner Überzüge mittels Strahlungsrückstreuung¹⁾

Die Dickenmessung an Schichten, die aus verschiedenstem Material bestehen können und auf einem Trägermaterial aufgebracht sind, wird durch Verwendung von β -Strahlen während des Fabrikationsprozesses ermöglicht. Das Verfahren kann beispielsweise angewendet werden bei:

Zinn-, Zink-, Chrom- und Messingüberzügen auf Stahl; Selen auf Aluminium oder anderem Trägermetall; Plattierungen von Nickel oder Chrom auf metallischem Material; Gummi- und Kunststoffüberzügen auch auf Drähten; Emailleüberzügen; Bariumüberzügen auf fotografischem Papier.

Voraussetzung für die Anwendbarkeit des Verfahrens ist, daß sich die Ordnungszahlen von Trägermaterial und aufgebrachter Schicht hinreichend unterscheiden. Die Dicke der Überzüge wird in mg/cm^2 angegeben; als erreichbare Genauigkeit werden $\pm 0,3 \text{ mg/cm}^2$ je Einheit der Ordnungszahlen-Differenz genannt.

Bei einem ausgeführten Gerät wird das Material, das die zu messende Schicht trägt, an einer Strahlungsquelle im Abstand von 10 mm vorbeigeführt. Die Strahlungsquelle

enthält ein β -strahlendes, radioaktives Isotop. Die β -Strahlen erleiden durch das Meßobjekt eine „Rückstreuung“. Sie gelangen teilweise in eine Ionisationskammer, die die Strahlungsquelle umfaßt und gegen direkte Strahlung durch eine Abschirmung geschützt ist, und lösen dort einen Strom aus, der ein direktes Maß für die Schichtstärke ist. Dieser Meßstrom steigt mit wachsender Stärke des Trägermaterials zunächst stark an und nähert sich schließlich einem Grenzwert. Eine auf dem Trägermaterial aufgebrachte Schicht verursacht ein neuerliches Ansteigen des Meßstroms, das gleichfalls in Abhängigkeit von der Schichtdicke zunächst steil erfolgt und sich einem entsprechend höher gelegenen Grenzwert nähert.

Die unmittelbare Messung der Schichtstärke durch einen elektrischen Strom dürfte das Gerät sehr gut dazu befähigen, als Grundgerät einer entsprechenden Regelanlage bei der laufenden Überwachung der Fabrikation zu dienen. — Ri

¹⁾ Nach Eric Clarke, J. R. Carlin, W. E. Barbour jr., Electr. Engineering Bd. 70 (1951) H. 1, S. 35.

Die Elektrotechnik in Hannover

Von Willy Möbus, Berlin

Die Technische Messe, Hannover, die schon im vergangenen Jahre als eine europäische Sensation gewertet wurde, hat nun endgültig ihre Stellung gefestigt. Sie ist die größte Technische Messe Europas geworden. Ihr stehen nicht weniger als 184 000 m² Ausstellungsfläche zur Verfügung, davon 144 000 m² in 20 großen Messehallen. Gegenüber 1950 ist die überdachte Fläche verdoppelt worden und die Fläche des Ausstellungsfreigeländes hat um $\frac{1}{3}$ zugenommen. 1947, als die Messe geschaffen wurde, bedeckte sie insgesamt nur 25 160 m².

Unter den neuen Messehallen beansprucht die Europahalle (Bild 1), die neben drei weiteren Hallen der Elektro-Industrie zur Verfügung stand, schon wegen ihrer Konstruktion besondere Beachtung, denn die gewaltige Fläche von 160×80 m ist von einer freitragenden Stahlkonstruktion aus vollwandigen Kastenträgern von 86 m Spannweite überdeckt.

Es ist außerordentlich zu begrüßen, daß die Ausstellung der Elektro-Industrie im Gegensatz zu früher räumlich geschlossen untergebracht worden war, so daß man ein übersichtliches Bild von den gebotenen Leistungen erhielt.

Die Elektrotechnik in Hannover in der Statistik

Es wäre verlockend, die technischen Arbeiten, die mit dem Aufbau der Messe im Zusammenhang standen, durch eine lange Reihe von Zahlen zu kennzeichnen. Es seien jedoch nur die Zahlen mitgeteilt, die den Anteil der Elektrotechnik veranschaulichen: Die installierte Kraftstromleistung betrug 12 500 kVA, die Lichtleistung 2500 kW, was gegenüber 1950 eine Steigerung um 400% bedeutete. Es wurden 2,5 km Hochspannungsleitungen, 24,7 km Licht- und Kraftstromleitungen und 10 km sonstige elektrische Leitungen, 4650 Steckdosen, 37 km Fernmeldeleitungen verlegt, ein 1,8 km langer Kabelkanal gebaut. Es sind ferner 100 Schmelzsicherungen für selbsttätige Alarmanlage, 1200 Fernsprecher, 18 Tonsäulen, 30 Schallzellen, 16 Tonkörbe und drei Fernschreiber zur Vervollständigung der elektrischen Ausrüstung nötig gewesen. Wer sich die Mühe nehmen wollte, an allen Ständen unter Vermeidung jeden Umweges auch nur vorüberzugehen, müßte 21 km zurücklegen.

Die Zahl der Aussteller hat ständig zugenommen. 1949 waren es rund 1500, im Vorjahre 1831 und in diesem 2845. Davon entfielen allein auf die Elektrotechnik fast 600, und ihnen standen rund 28 800 m² Ausstellungsfläche zur Verfügung, während es 1950 21 000 m² waren. Außerdem aber waren in vielen anderen Hallen elektrotechnische Erzeugnisse zu sehen, wie zum Beispiel elektromotorische Antriebe und Steuerungen, ferner elektrische Meß- und Regelgeräte, Signaleinrichtungen usw.

Allein in der Europahalle waren fast 200 elektrotechnische Firmen untergebracht. 43 Firmen stellten hier elektrische Meß- und Prüfgeräte aus und boten ein fast lückenloses Bild ihres Lieferungsprogrammes. 40 Firmen waren mit Elektromotoren und Maschinen-Stromerzeugern vertreten und 36 zeigten Hoch- und Niederspannungsschaltgeräte, einschließlich Sicherungen. 30 Aussteller der Elektroindustrie vertraten das Ausland und ermöglichten Vergleiche zwischen ihrer und der deutschen Fertigung.

Sehr bemerkenswert war auch die starke Beteiligung der berliner Industrie. 118 Firmen haben ihre Erzeugnisse in Hannover auf einer Ausstellungsfläche von über 2600 m² gezeigt, d. h. fast einem Zehntel der gesamten Ausstellungsfläche der Elektrotechnik. Tatsächlich aber war der Anteil der berliner Elektrotechnik noch wesentlich größer, da eine Anzahl — und unter ihnen die bedeutendsten Firmen — ihre Erzeugnisse zusammen mit ihren westdeutschen Schwesterbetrieben ausgestellt hatten. Es sei hier nur an die AEG und Siemens erinnert. In der Europahalle hatte der Verband der berliner Elektroindustrie einen eigenen Auskunftsdienst eingerichtet.

Die wirtschaftlichen Aspekte

So glänzend der äußere Rahmen der diesjährigen Technischen Messe auch war, so muß dennoch darauf hingewiesen werden, daß der so stark in Erscheinung tretende technische Fortschritt und die Verbesserung der Güte der Erzeugnisse in einer Zeit zu verzeichnen ist, die mit schweren wirtschaftlichen Sorgen behaftet ist. Da ist einmal der Importstop und vielleicht

auch die Übernahme des Außenhandels durch die OEEC. Eine Reihe von Ländern hat die deutsche Einfuhrdrosselung mit Gegenmaßnahmen beantwortet. Dazu kommt die Unsicherheit der Preisgestaltung und eine gewisse Erstarrung des Inlandmarktes. Die Schwierigkeiten bei Kapitalbeschaffung haben eine Drosselung der Bautätigkeit gebracht, und sie macht auch auf anderen Gebieten sich hemmend bemerkbar. Dazu kommen Sorgen wegen der Werkstoffbeschaffung, die wieder u. U. die Lieferfristen beeinflussen können. Umsomehr wirkte die Technische

Messe in Hannover wie ein Bekenntnis zum Optimismus. Sie war zweifellos ein Aushängeschild der deutschen Wirtschaft, durch die sie wichtige Verbindungen zum Ausland anknüpfen und vertiefen konnte. Sie mußte darüber hinaus als ein Politikum gewertet werden, denn man empfand sie wirklich als das Tor zur Welt und zur Freiheit, als das Bundespräsident Prof. Dr. Heuß sie in seiner Eröffnungsansprache bezeichnet hatte.

Elektrotechnik und Schiffbau

War es schon in den vergangenen Jahren schwer, eine Vorstellung von der großen Fülle der beachtlichen Leistungen zu vermitteln, so war in diesem Jahre die Aufgabe noch schwieriger geworden. Es ist unverkennbar gewesen, daß die der deutschen Industrie gewährten wirtschaftlichen Erleichterungen sich bereits auf der Technischen Messe auswirken begannen. So konnte man auf dem Siemens-Stand bereits wieder elektrotechnische Geräte für die Schifffahrt entdecken, wie Druckknopfsteuerungen der Ruderantriebe für Handelsschiffe, von denen mehrere solcher Steuerstände an verschiedenen Stellen des Schiffes, zum Beispiel auf dem Peildeck, der Brücke usw., angeordnet werden können, so daß das Schiff notfalls von diesen Stellen aus durch Umschaltung der Steuerstromkreise gefahren werden kann, wobei eine mechanische Verriegelung dafür sorgt, daß das Ruder nur von dieser einen Stelle aus betätigt werden kann. Diese Druckknopfsteuerungen haben zwei Schaltstellungen für langsames und schnelles Ruderlegen. Neben der Druckknopfsteuerung wurde auch die Handradsteuerung gezeigt, wobei der Rudergast auf einer Skala den Ruderausschlag ein-



Bild 1: Blick in den Ostteil des Messegeländes. Rechts die Europahalle, die Haupthalle der Elektrotechnik

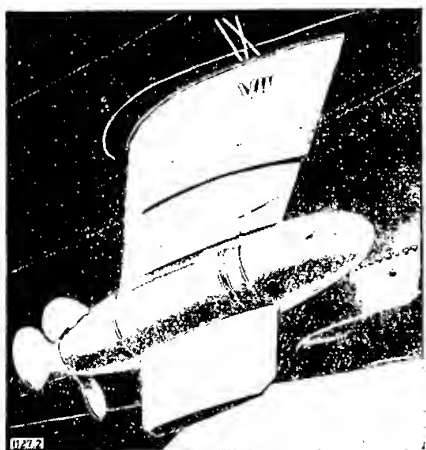


Bild 2: Aktivrudder von Pleuger & Co.

stellen kann und der Rudermaschinenantrieb so lange arbeitet, bis die Ruderlage mit der Stellung des Zeigers auf der Skala übereinstimmt. Für kleinere Fahrzeuge baut SSW noch hand- und elektrohydraulische Antriebe.

Auch auf dem Stand der Hanseatischen Apparatebau-Gesellschaft Neufeldt & Kuhnke GmbH. sah man Ruderalenanzeiger mit eingebautem Rudertelegrafenempfänger, Zeigertelegrafen und andere Kommandogeräte für Schiffe, u. a. auch einen 100 W-Mittelwellen- und Seenotsender, der bei Ausfall der normalen Funkanlage und des Bordnetzes betriebsfähig bleibt, da er von einer 24 V-Notbatterie über einen Einanker-Umformer gespeist wird. Die Antennenleistung beträgt 30 W bei einer Modulation von 80% und einer unmodulierten Antennenleistung von 100 W. Mit einem Notzeichengeber kann er auch selbsttätig getastet werden.

Sehr bemerkenswert war das von Pleuger & Co., Hamburg-Wandsbek, ausgestellte Aktiv-Ruder (Bild 2), durch das die Manövrierfähigkeit großer und kleiner Schiffe in küstennahen Gebieten erhöht wird. Es handelt sich um eine Vereinigung von Schiffsantrieb und Ruder. Der Zug- oder Druckpropeller wird durch einen wasserfesten Drehstrom-Kurzschlußläufermotor angetrieben. Die Aktivrudder können mit Leistungen von 35 bis 250 PS gebaut werden, wobei die Höchstleistung die Wirkung eines Schleppers von 300 PS erreicht. Für das Ruder werden auch schnelllaufende Dieselmotoren geliefert, die bei hoher Drehzahl verhältnismäßig billig gebaut werden können. Die Betriebsspannung beträgt meist 380 V bei einer Netzfrequenz von 50 Hz.

Auch auf dem Stand der Felten & Guillaume Carlswerk AG. wurden Gleichstrommotoren für den Schiffsbau in gekapselter, schlagwetter- und explosionsgeschützter Ausführung gezeigt. Sie werden für 40 verschiedene Leistungen von 0,2 ... 10 kW gebaut.

Elektromotoren

Auf den Ständen von SSW und der AEG wurden wie üblich Motoren aus dem großen Fertigungsprogramm gezeigt. So stellte Siemens neue Modelle läufergespeister Drehstrom-Nebenschlußmotoren aus (Bild 3). Es handelt sich dabei um Maschinen in geschützter und geschlossener, oberflächengekühlter Bauart. Die elektrische Vorstelleneinrichtung für Fernsteuerung ist mit dem Motor organisch zusammengebaut. Die Drehzahl kann auch mit Hilfe eines Handrades gesteuert werden. Auch bei niedrigen Drehzahlen können diese Motoren im Dauerbetrieb laufen. Das Spinnmotorenprogramm ist durch eine kleinere Maschine für einen Regelbereich von 1920/640 U/min ergänzt worden.

Bei den läufergespeisten Drehstrom-Nebenschluß-Kommutatormotoren der AEG sind die über Schleifringe angeschlossene Netzwicklung und die mit einem Kommutator verbundene Steuerwicklung in denselben Ständernuten untergebracht. Auf dem Kommutator schleifen zwei gegenläufig verschiebbare Bürstensäetze für die im Ständer untergebrachte Sekundärwicklung. Die stufenlose Drehzahlregelung ist auf einfache Weise ohne Umformung möglich. Der Drehzahlbereich ist im allgemeinen 1:3 bis 1:6 für dauernde Ge-

schwindigkeitsänderung. In Sonderfällen kann der Drehzahlbereich noch wesentlich vergrößert werden; dann aber muß Fremdbelüftung vorgesehen werden. Bei den Drehstrommotoren bis 24 kW sind die Anschlußschrauben auf dem geräumigen Keramik-Klemmbrett verschraubt und in so großen Abständen angebracht, daß keine Kriechströme möglich sind. Da der Klemmenkasten viermal um je 90° gedreht werden kann, ist der Anschluß von jeder gewünschten Seite aus möglich. Neben diesen Maschinen wurden Motoren für die verschiedensten Zwecke gezeigt, zum Beispiel für Bergwerke und explosionsgefährdete Betriebe, außerdem Kleinstmotoren usw.

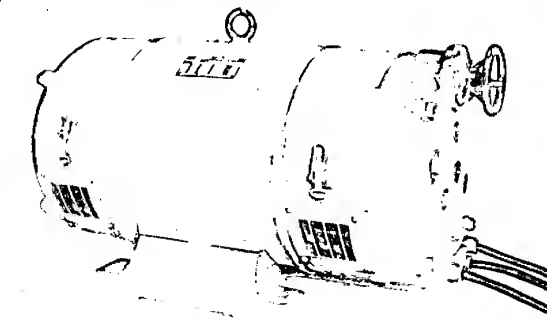
Eine der ältesten Spezialfabriken für Drehstromgetriebe- und Trommelmotoren Eberhard Bauer GmbH., Esslingen, war in Halle 9 vertreten. Die Getriebemotoren dieser Firma (Bild 4) können in jeder beliebigen Lage montiert werden; man kann sie mit einem normalen Umschalter für Vor- und Rücklauf betreiben und sie werden den Anforderungen eines rauen Dauerbetriebes gerecht. Sie bedürfen keinerlei Wartung, und eine Nachschmierung ist jahrelang nicht erforderlich. Der Getriebemotor für Spannungen bis 500 V hat ein zweistufiges Getriebe, zentrisch abtreibende Antriebswelle und ein zusätzliches zweites Wellenende, das mit der Motordrehzahl umläuft. Bei Drehzahlen von 220 ... 700 U/min wird ein einstufiges Getriebe und eine exzentrisch angeordnete Antriebswelle vorgesehen. Diese Getriebemotoren werden in neuen genormten Reihen von 75 W bis 7,5 kW mit 17 ... 700 U/min gebaut. Durch die Verwendung von geschliffenen und schrägverzahnten Rädern wird ein geräuscharmer Lauf erzielt.

Die Firma A. van Kaick, Frankfurt a. M., zeigte selbstregelnde Drehstrom- und Einphasen-Wechselstromgeneratoren, bei denen die Spannung ohne hand- oder selbsttätigen Schnellregler auch bei stoßweiser Belastung auf dem gesamten Leistungsbereich konstant bleibt, die sich selbsttätig den Leistungsfaktoren der angeschlossenen Verbraucher anpaßt, und bei denen die verzögerungslose Regelung etwa zehnmal so schnell ist, wie bei automatischer Schnellregelung.

Der von der Firma Franz Eisele & Söhne, Laiz-Sigmaringen, gebaute Drehstrommotor ist ein gewöhnlicher Kurzschlußläufer, der jedoch beim Anlauf freilaufend auf der Welle durch Sonderschaltung mit geringstem Anlaßstrom im Leerlauf arbeitet und sich während des Hochlaufens durch besondere elektrische oder mechanische Kupplung mit der Welle verbindet, so daß er auch schwerste Anlaufmomente überwindet. Man sah ferner einen Drehstrommotor, der mit nur einer Wicklung auf drei verschiedene Drehzahlen geschaltet werden kann.

Bemerkenswert waren die Motoren von Ernst Thielehaus, Wuppertal-Barmen, die durch einen auswechselbaren Ständer gekennzeichnet sind. Dieser ist nicht mehr mit dem Fuß des Motors bzw. der Antriebsseite fest verbunden und kann bei Wicklungsschäden leicht abgenommen werden. Sofern ein Wechselstator auf Lager ist, kann man ihn in 20 Minuten auswechseln.

Felten & Guillaume hat eine neue Motorenabteilung in dem Werk Nordenham untergebracht, in dem vor allem druckfestgekapselte Schlagwetter- und explosionsgeschützte Drehstrommotoren in 60 verschiedenen Leistungs-



1127.3

Bild 3: Geschützter Drehstrom-Nebenschlußmotor von SSW, regelbar 1:3, 7/2,3 kW, 2100/700 U/min

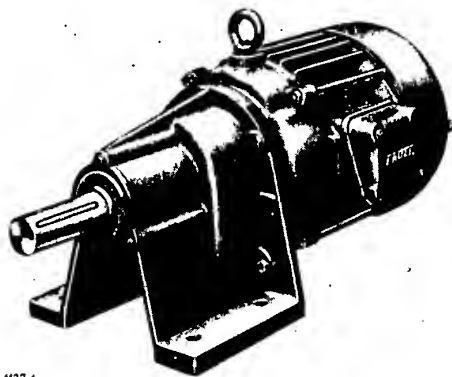


Bild 4: Drehstrom-Stirnrad-Getriebemotor der Eberhard Bauer GmbH. großen von 0,6 ... 160 kW gebaut werden. Außerdem werden Gleichstrommotoren und Spezialmaschinen für verschiedene Zwecke hergestellt.

Auf dem Stand der Gebr. Frede KG., Westkirchen i.W., sah man u. a. Wechselstrom-Repulsionsmotoren, die ein etwa vierfaches Anzugmoment haben und noch bei einem Spannungsabfall von 20% zufriedenstellend arbeiten. Auch hier ist der Klemmkasten um 360° drehbar, so daß die Installation erleichtert wird.

Auf dem Stand der Schorch-Werke AG. in Rheydt wurde das Modell einer Großmaschine, ein Hochspannungs-Synchronmotor von 2300 kW, ausgestellt. Die geschweißte Maschine wird durch Frischluftzuführung vom Maschinenboden aus gekühlt. Daneben sah man einen Drehstrom-Synchron-Generator für ein Wasserkraftwerk mit aufgebauter Erregermaschine. Ferner wurden SOMA-Motoren gezeigt, vollständig geschlossene Maschinen in größerer Leistung mit Sondermantelkühlung. Die Schorch-Werke haben auch wieder den Bau von Drehstrom-Nebenschluß-Kollektormotoren mit stufenloser Drehzahlreglung aufgenommen. Dazu kommen kleinere und mittlere Motoren in Normal- und Sonderbauarten, wie Motoren für die Textil- und Kältemaschinenindustrie.

Transformatoren, Stromrichter und Ladegeräte

Auf dem Stand der AEG wurde ein Gleichstromwandler für 10000/5A gezeigt, der ohne bewegliche Teile arbeitet (Bild 5). Er zeichnete sich durch hohe Meßgenauigkeit und praktische Verlustlosigkeit aus. Das anzeigende Meßgerät kann in beliebiger Entfernung von der Meßstelle angeordnet werden. Auf dem Stand von Siemens fanden die neuen, durch eine Kunststoff-Quarzisolierung gekennzeichneten, völlig trocken isolierten Wandler große Beachtung.

BBC, Mannheim, zeigte auf ihrem Stande pumpenlose Eisengleichrichter für drehzahlgeregelte Motoren, die sich durch kleine Abmessungen und geringes Gewicht auszeichnen. Die Leerlaufverluste sind kleiner als bei Umformern. Die Wartung und Unterhaltung ist billig, die Regelung erfolgt durch Gittersteuerung trägeheitslos. Neu ist eine Bauart von 1200 A.

Ing. Schwarz-W. Combes, Pöttmes/Obb., stellte neue Ringkern-Regeltransformatoren mit getrennter Primär- und Sekundärwicklung und beliebigem Übersetzungsverhältnis aus. Bis zu vier voneinander abhängige Regelkreise können gespeist und Feinstreglungen bis zum Verhältnis 1:100 der Sekundärspannung vorgenommen werden.

Dr.-Ing. Jovy, Leer/Ostfr., fertigt Verdunkelungs-Stromrichter, Selen-Trockengleichrichter, Kino-Gleichrichter und Umkehr-Stromrichter. Der Verdunkelungs-Stromrichter ist eine elektronische Steuerung, mit der Leuchtstofflampen, Neonröhren und auch Glühlampen stufenlos geregelt werden können. Bei den Kino-Gleichrichtern können durch ein Baukastensystem beliebige Leistungen zusammengestellt werden. Als Gleichrichterelemente können sowohl Trockenplattensysteme als auch Elektronenröhren verwendet werden. Die elektronisch gesteuerten Umkehr-Stromrichter gestatten nicht nur die stufenlose Regelung der Drehzahl, sondern auch das Umschalten der Drehrichtung eines Motors.

Die Firma Walter Brandt GmbH, Leopoldstal, zeigte nach eigenem Verfahren hergestellte Selen-Gleichrichterplatten; ferner Industrie-Gleichrichter- und Batterieladegeräte. Spezialtransformatoren und Trockengleichrichter wurden u. a. auch von Wilhelm Harting, Minden i. W., ausgestellt. Auf dem Stand der Eise mann GmbH, Stuttgart, wurde ein, zusammen mit der Robert Bosch GmbH. entwickeltes Batterie-Ladegerät für 6 bis 12 V gezeigt, bei dem ein eingebautes Batterie-Prüfgerät Stoßbelastungen bis 1000 A ermöglicht.

Die Wilhelm Zeh KG., Freiburg, zeigte ein neues Schnell-Ladegerät zum Laden von Kraftfahrzeugbatterien. Es ist durch ein automatisches Regelglied ausgezeichnet, durch das ein günstiger Ladewirkungsgrad, eine normale Gasbildung und eine nur geringe Erwärmung des Elektrolyten erreicht wird. Die Ladezeit kann zwischen 0 und 50 Minuten eingestellt werden. Beim Erreichen eines bestimmten Mindestladestromes schaltet das Gerät selbsttätig ab. Um eine Batterie vollzuladen, wird das Gerät auf „Normalladung“ umgeschaltet. Es ist für den Anschluß an Wechselstrom und zur Ladung von 6 ... 12 V-Batterien eingerichtet.

Schalter und Steuerungen

Auf dem Gebiet des Schalterbaues sah man die seit Jahrzehnten bewährten Konstruktionen, wie die Expansionsschalter von SSW, die Druckgasschalter der AEG, die Druckluftschnellschalter von BBC usw. Daneben aber zeigte BBC einen neuen Druckluft-Umkehrschalter von 10 kV und 400 A, bei dem der Strom in einer Löschkammer bei kleinem Kontakt-hub und starker Anblasung des Lichtbogens im Augenblick des Nulldurchgangs unterbrochen wird, so daß die Abtrennung vom Netz stromlos erfolgt. Die Löschkontakte werden also kaum angegriffen und ertragen jahrelang täglich etwa 3000 Schaltungen. Der Schalter wird elektropneumatisch betätigt.

Die von Calor-Emag, Ratingen, gebauten Hochspannungs-Leistungsschalter sind Ölströmungsschalter, die in den letzten Jahren verbessert wurden. Als Neuerung brachte die Firma ein Hochspannungs-Schaltfeld mit ausfahrbaren Geräten zur Messe. Voigt & Haeffner zeigte Druckausgleichschalter für Kurztrennung. Die einstellbare Trennzeit beträgt 0,18 ... 0,3 s, innerhalb der sich die Löschkammer nach dem Abschalten erneut mit Öl füllt, wobei ein Differentialkolben mit besonderem Pumpventil benutzt wird. Die Firma hat ferner Druckausgleichschalter in Leichtbauweise entwickelt, die sich durch kleine Abmessungen auszeichnen und deren Löschkammern so bemessen sind, daß sie bei kleinen Strömen zuverlässig ansprechen (Bild 6).

Auf dem Siemensstand war eine stahlblechgekapselte Transformatorenstation in Baukastenform ausgestellt, die mit normalen Innenraum-Schaltgeräten ausgerüstet ist. Diese Stationen sind für Leistungen bis 400 kVA und Nennspannungen bis 20 kV gebaut. Viel Beachtung fand auch eine Hochspannungs-Schaltanlage mit Doppelsammelschienen,

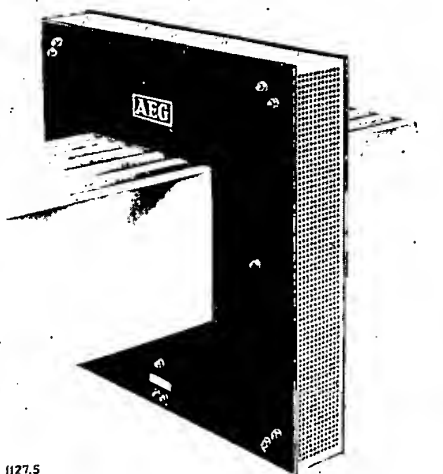


Bild 5: AEG-Gleichstromwandler 10000/5 A

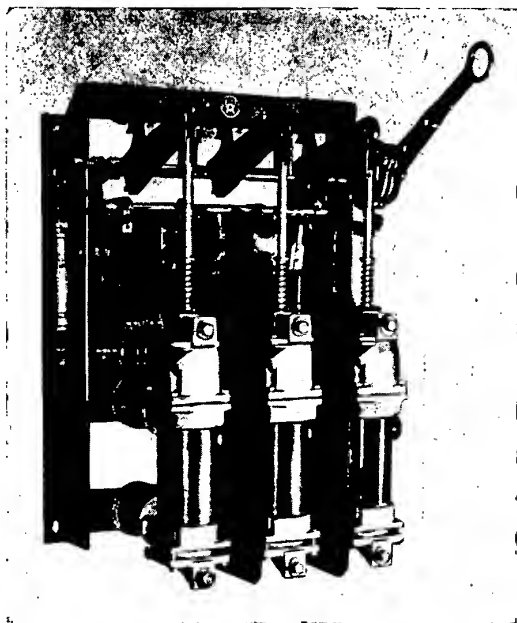


Bild 6: Druckausgleichsschalter, Reihe 10, 400 A, 50 MVA
von Voigt & Haefner

Reihe 10, die sämtlich mit Rillen-Isolatoren ausgestattet sind (400 A, 100 MVA).

SSW zeigte neue Selbstschalter für 1000...3000 A für Wechselspannungen bis 1000 V und Gleichspannungen bis 1200 V, die sie als Maschinen- und Verteilerschalter sowie als Überlastungsschutzschalter für den Einbau in Netzen mit hohen Kurzschlußströmen eignen.

Auf dem Siemens-Stand sah man ferner eine Reihe neuer Schaltgeräte zum Steuern von Werkzeugmaschinen. Die zulässige Schaltheufigkeit beträgt bis zu 3000 Schaltungen in der Stunde und die Lebensdauer des Schützes liegt bei 15 Mio Schaltungen. Das Schütz eignet sich zum Steuern von Motoren bis 3 kW und 380 V Wechselspannung. Die Kleinststeuer-schalter sind zum Schalten von Motoren bis 7,5 kW geeignet und aus gleichartigen Nockenschaltelementen zusammengesetzt, so daß sie für die Abwicklung zahlreicher Schaltprogramme verwendet werden können.

Zum Betätigen der Schütze und der Hilfsstromkreise werden neue Befehlsgeräte in verschiedener Ausführung gebaut, die aber alle das gleiche Einselement aufweisen. Die Reihe der Betätigungsgeräte wird durch einen kleinen gußgekapselten Endschalter mit hoher Schaltleistung ersetzt. Die silberplattierten Schaltstücke können bis zu 10 Mio Schaltungen aushalten.

Interessant sind auch die von Siemens gebauten Schalter mit Schwimmerbetätigung, die das Schalten von Antriebsmotoren in Abhängigkeit vom Wasserstand ermöglichen. Die neue Schaltung beruht auf dem Prinzip der kommunizierenden Röhren. Beim Steigen des Flüssigkeitsspiegels tritt die Flüssigkeit in Hohlkugeln ein und bewirkt durch ihr Gewicht eine Schaltung. Beim Sinken des Flüssigkeitsspiegels entleeren sich die Hohlkugeln, so daß ein Gegengewicht eine Schaltung im entgegengesetzten Sinne hervorruft. Die Calor-Emag Elektrizitäts-AG., Ratingen, hatte schlagwettergeschützte Schaltgeräte ausgestellt, ferner Hebelschalter von 200 bis 300 A Nennstrom in einpoliger und dreipoliger Ausführung (Bild 7), die mit Punktkontakten ausgerüstet sind, durch die sehr günstige Kontaktverhältnisse und eine niedrige Erwärmung erzielt wird. Die bekannten dreipoligen Lastschalter für 25, 60 und 100 A mit doppelter Unterbrechung, Nockenschaltung und getrennten Schaltkammern, sind weiter verbessert worden. Außerdem wurden die bekannten Luftschütze mit Gummilagerung, Ölschütze, Selbstschalter, Leistungstrennschalter und Motoren-Gruppenschalter gezeigt.

Auch Voigt & Haefner zeigte ihr Schalterprogramm. Der Klein-Motorschutzschalter wurde mit einem Leichtmetallgehäuse versehen, er hat Schwenkgriff und Feuchtraum-

stutzen. Er ist auch mit Frontplatte für versenkten Eigenbau herausgebracht worden. Diese Geräte sind vor allem für kleinere Werkzeugmaschinen, Büromaschinen, Nähmaschinen und Aufbereitungsmaschinen der Lebensmittelindustrie geeignet. Bemerkenswert ist ein neuer Selbstschalter für einen Nennstrom von 3000 A, dessen Abschaltvermögen 50 kA beträgt. Der Schalter wird in 1, 2 und 3-poliger Ausführung geliefert; er kann mit Hand-, Motor- oder Druckluftantrieb ausgerüstet werden.

Handbetätigte Motorschutzschalter waren auch bei Klöckner-Moeller, Bonn ausgestellt. Bei ihnen wurde bewußt auf den Einbau eines Schnellauslösers verzichtet. Die bekannten von der Firma gebauten Schütze sind im letzten Jahre weiter entwickelt worden. Die Kontaktkonstruktion wurde verbessert, die Leistung konnte gesteigert werden und dennoch konnten die Abmessungen verkleinert werden. Es wurden neuartige Schütze gezeigt, bei denen die bewegliche Kontaktbrücke über ein Kniehebelgelenk angetrieben werden. In jeder Strombahn sind vier Unterbrechungsstellen vorgesehen. Dadurch ist die Schaltleistung auf kleinstem Raum sehr hoch. Die Schaltstücke werden aus Reinsilber gefertigt.

Auf dem Stand der Firma Metzner & Jun'g GmbH., Wuppertal-Elberfeld, wurde wieder das bekannte Fertigungsprogramm an „Fanal“-Schaltgeräten gezeigt, unter denen auch einige Neuentwicklungen zu verzeichnen waren. Außerdem wurde am Beispiel einiger Schaltschränke bewiesen, daß auch auf diesem Gebiet eine gewisse Normung möglich ist. Neu ist ein Drehstromschütz mit aufgebauten Überstromautomaten. Die beweglichen Teile des Schützes arbeiten unter Öl, die thermische und magnetische Überstromauslösung wurde in ein druckdichtes gußeisernes Gehäuse eingebaut. Am Beispiel einer Steuerung wurde der Zusammenbau von mehreren explosionsgeschützten Schaltgeräten gezeigt; ferner sah man Verteilungsanlagen in explosionsgeschützter Ausführung. Im Mittelpunkt des Standes wurde die von Schaulustigen ständig umlagerte Steuerung für einen Fahrradnippelautomaten gezeigt, der mit Hilfe von acht Arbeitsmotoren etwa 40 Nippel in der Minute fertigen kann. Von den dazugehörigen Luftschützen werden rund 2500 Schaltungen in der Stunde ausgeführt. An Leuchtschaltbildern zweier Kühlsysteme wurde die Reihenfolge von Schaltvorgängen bei Klein- und Großkälteanlagen vorgeführt. Außerdem wurde eine neuartige Abtau-Schaltung unter Verwendung einer Schaltuhr gezeigt, mit deren Hilfe ein Verdichter zeitabhängig und selbsttätig zu bestimmten Tageszeiten abgeschaltet wird, bis der Verdampfer enteist ist. Schließlich wurden noch eine Drehstrom-Waschmaschinen-Steuerung und eine vollselbsttätige Kolbenverdichter-Steuerung gezeigt.

Beachtlich war auch das Schalterprogramm der Sursum-Elektrizitäts-Gesellschaft Leyhausen & Co., Nürnberg, die außer den Verteilungstafeln, Zählertafeln, Hausanschlußkästen, Etagenabzweigkästen, Steckdosen und Stecker fertigt. Auch die Max Purrmann K.G. in Düsseldorf-Holthausen war mit ihren Niederspannungs-Trennschaltern vertreten.

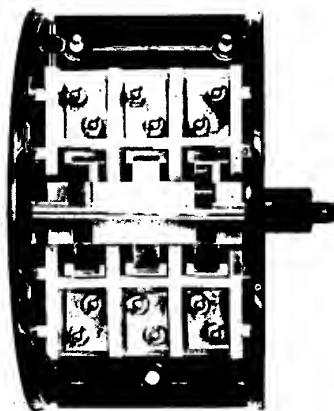


Bild 7: Calor-Emag-Last-Ausschalter auf Stahlkörper in Stahlblechmantel und -abdeckung, Typ LA — 100 A 750 V, Abdeckung abgenommen

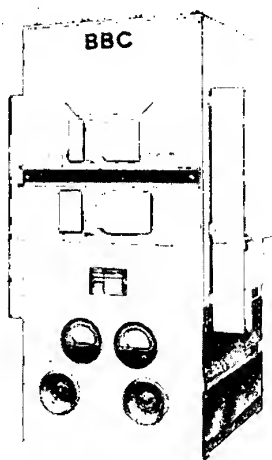


Bild 8: Vorderansicht eines elektrisch beheizten Doppelkammerofens von BBC zur Aufstellung auf eine Werkbank mit eingebauten Regelwiderständen und Temperatur-Anzeigegeräten. Der Ofen dient zum Härten von Werkzeug- und Schnellstahl

Kabel, Leitungen und Installationsmaterial

Ein viel beachtetes Schaustück auf dem Stand von BBC war das Muster eines im Jahre 1920 verlegten 65 kV-Kabels, das 1950 aufgenommen wurde und noch den heutigen VDE-Vorschriften anstandslos genügte, während bei der Verlegung das Kabel die dreifachen VDE-Meßwerte hatte. Mit Stolz wies die Firma darauf hin, daß von 20 000 während zwei Jahrzehnten gefertigten Kabelendverschlüssen nur zwei durch Fehler ausgefallen waren.

Bei Felten & Guillaume wurden die neuen selbsttragenden Luftkabel ausgestellt, die zur Nachrichtenübermittlung zwischen Schalt- und Umspannstationen in Hoch- und Mittelspannungs-Freileitungsnetzen dienen. Das Kabel ist als Blitzschutzseil ausgebildet, indem zwischen dem Kabelmantel und der Bewehrung eine leitende Verbindung hergestellt wird. Der Kabelmantel besteht vorzugsweise aus Aluminium, das sich durch gute mechanische Eigenschaften und hohe Leitfähigkeit auszeichnet. Für Verbindungen bis zu etwa 10 km wurde eine Doppelleitung entwickelt, die mit einem isolierten Haltedraht an einem Stahlseil befestigt ist. Sie besteht aus zwei verseilten Adern mit einer wetterbeständigen Polyäthylenisolation.

Für den Bergbaubetrieb hat S S W die „Siemens-Protomont-Schrämleitung“ herausgebracht, eine besondere Gummischlauchleitung, die für Schrämmaschinen, Panzerförderer usw. bestimmt ist. Diese Leitungen werden mit Querschnitten von 16, 25 und 35 mm² geliefert. Die Leitung arbeitet zusammen mit einem Leitungswächter, der über ein dazugehöriges Schütz unter allen Umständen bei Zerstörung der Leitung abschaltet.

Die weitaus größte Zahl der deutschen Kabelwerke war mit ihren Erzeugnissen auf der Messe vertreten. Außerdem wurden Kabelzubehörsstücke, wie Stromklemmen für Kupfer- und Aluminiumleitungen, (A. Schiffmann, München) Isolierstoffschellen (Hoppmann & Mulsow, Hamburg) Spezial-Kabelhalter für den Untertage-Bergbau und Kabelschellen ohne Schrauben, sowie Kabelschellen für Schachtkabel (Anton Klein, Berlin-Tempelhof) usw. ausgestellt.

Elektro-Wärmegeräte

Wie immer auf der Technischen Messe war die Zahl der Elektro-Wärmegeräte sehr groß. Als Neuerung zeigten BBC einen kleinen Induktions-Tiegelschmelzofen, der zum Schmelzen von Leichtmetallen mit Stahl- oder Gußeisentiegel eingerichtet ist und ein Fassungsvermögen von 10 kg hat. Die Anschlußleistung beträgt 26 kW. Der Ofen wird unmittelbar an das Wechselstromnetz angeschlossen. Ferner zeigten BBC auch wieder ihre Hochfrequenz-Röhrengeneratoren, für kapazitive und induktive Erwärmung von Werkstücken, sowie Widerstandsöfen (Bild 8) und als Neuerung einen elektrisch

beheizten Saunaofen, der in 3 Bauarten mit Anschlußwerten von 4, 7 und 10 kW für Räume von 6 ... 20 m³ gebaut wird. Mit dem Ofen wird eine Temperatur zwischen 60 und 120°C erreicht, bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 10 bis 20%. Durch ein mit keimtötendem Öl getränktes Filter wird hygienisch einwandfreie Luft im Baderaum erzielt. Die Anheizzeit beträgt nur etwa 40 Minuten, die gewünschte Temperatur kann genau eingehalten werden und die zugeführte Energie wird vollkommen ausgenutzt, da keine Schornstein- und Abgasverluste eintreten. Im Gegensatz zu dieser Sauna, die für einen gewerblichen Betrieb bestimmt ist, hat die Qu a r z - l a m p e n G m b H., Hanau/Main, eine Heim-Sauna herausgebracht, die elektrisch beheizt wird und aus einem Rohrrahmen besteht, der bei Nichtgebrauch zusammengeklappt werden kann. Mit Hilfe eines Wasserbehälters, aus dem durch ein Handrad von Zeit zu Zeit geringe Wassermengen auf die durch einen elektrischen Heizkörper von 2 kW Anschlußwert erhitzten Steine gesprüht werden, kann der für die Sauna typische Wechsel zwischen trocken-heißer und feuchtigkeits-gesättigter Luft hergestellt werden.

Die Firma Gebr. Ruhstrat, Göttingen, hat einen neuen elektrischen Tischherd herausgebracht mit einer Back- und Bratröhre von 470×330×230 mm (Bild 9). Die Leistungsaufnahme für Ober- und Unterhitze beträgt je 750 W. Oben trägt das Bratrohr zwei Ego-Ringsteckerstift-Kochplatten von 145 und 180 mm Durchmesser und 800 bzw. 1200 W Leistungsaufnahme.

Bei Siemens wurde das neu entwickelte Ultraschall-Lötgerät in Betrieb vorgeführt, bei dem die Oxydhaut von Aluminium durch einen magnetostruktiv bewegten Griffel zerstört wird, so daß das reine Aluminium mit Zinn gelötet werden kann. Die Maschinenfabrik Karl E. Mayer KG., Dransfeld, hat einen Dosenlötautomaten gebaut, der sich vor allem für die Herstellung keimfreier Behälter eignet, während die Zeva-Elektrizitätsgesellschaft, Kassel, Tauchlötgeräte für die verschiedensten Zwecke zeigte. Hochfrequenz-Erwärmungsanlagen, Induktionsöfen, Induktions-Erwärmungsanlagen, Induktions-Härtemaschinen, Elektro-Schmelzkessel, Raumheizkörper usw. wurden von einer großen Zahl von Firmen angeboten.

Meß- und Regeltechnik

Auf jeder Messe nehmen die Geräte der Meß- und Regeltechnik einen breiten Raum ein. So zeigten A E G und S S W Geräte zur Fernmessung, Fernsteuerung, Fernüberwachung, zum Fernsprechen mit den dazugehörigen Übertragungseinrichtungen in einer geschlossenen Anlage, die im Betriebe vorgeführt wurde. Auf dem Siemens-Stand sah man ferner einen Übersetzungsmesser für Transformatoren und Präzisionsinstrumente der verschiedensten Art, u. a. ein Präzisionsgerät für Wechselstrom, bei dem hochpermeable magnetische Werkstoffe verwendet wurden, so daß das Meßwerk unter Verzicht auf astatische Anordnung einen wesentlich besseren Fremdfeldschutz, der bis zu Null herab wirksam ist, erreicht. Neu ist ferner ein umschaltbarer Licht-

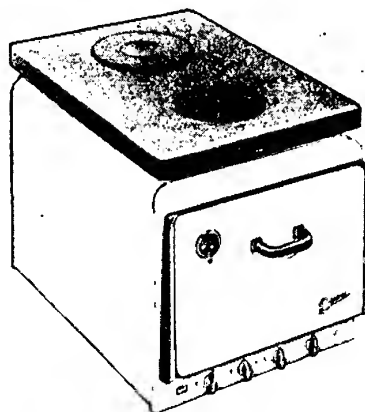


Bild 9: Der kleine Herd von Gebr. Ruhstrat

marken-Strom- und Spannungsmesser, dessen Meßbereich-Endwerte in verschiedenen Stufen zwischen 0,1 und 1000 mV liegen. Neue Geräte wurden auch für die Summen- und Fernzählung entwickelt; man sah auch die neuen Vierstrahl-Oszillografen [ELT Bd. 3 (1951) H. 5, S. 160] sowie einen Stoßspannungs-Oszillografen, der überall dort verwendet werden kann, wo Prüfungen mit der VDE-Stoßspannungswelle vorgenommen werden. Siemens zeigte auch einen neuen magnetischen Sauerstoffmesser, der wie die Rauchgasprüfer von Siemens & Halske nach einem elektrischen Verfahren arbeitet, und der eine Anzeige in beliebiger Entfernung vom Meßort ermöglicht. Außerdem waren neue Geräte für pH-Messung ausgestellt.

Das Festmengenregistriergerät System Ferrari auf dem Stand der AEG, das in Gemeinschaftsarbeit mit Eugen Tritschler und Helmut Schöttle entwickelt worden ist, wurde durch eine Reihe von Zusatzgeräten erweitert. So sah man es in abgewandelter Form als Quotienten-Registriergerät, bei dem das Fortschreiten des Registrierstreifens durch ein Schrittschaltwerk bewirkt wird, das von dem Kontaktgeber einer weiteren Zähl- und Meßvorrichtung betätigt wird. Da die Lochabstände dann der unterschiedlichen Zahl der jeweils auf eine Festmenge entfallenden Einheiten der zweiten Meßgröße entsprechen, erhält man Verhältnisswerte, aus denen man Wirkungsgrade, Leistungsfaktoren, Wirkkraftverhältnisse usw. ersehen kann. Zu diesem Gerät kommt ein Umschreibeautomat, der als Mittelwertschreiber den Verlauf beliebiger Vorgänge wiedergibt, eine Umspulvorrichtung, die einen Monatsstreifen des Festmengenregistriergerätes in etwa vier Minuten umspult und ein Intensitäts-Signalgerät, das zur Meldung der Unterschreitung oder Überschreitung eines einstellbaren Wertes einer Zähl- oder Meßgröße nach dem Festmengenprinzip dient. Weitere Geräte sind das Quotienten-Warn- und Regelgerät und auch ein Blindlastregler, bei dem das Festmengenprinzip in sinnvoller Weise angewendet wurde.

Zur Messung der tonfrequenten und hochfrequenten Ströme im Magnetofonanlagen und für die laufende Überwachung der Magnetofon-Schallaufnahme wurde von der Elektro-Meßtechnik Wilhelm Franz KG., Lahr i.B., ein Magnetofon-Meßkopf entwickelt.

Eine Überraschung war auf der elektrotechnischen Messe das von Philips in Eindhoven entwickelte Elektronenmikroskop für 100 kV, das sich in seinem Aufbau von den bisher bekannten Elektronenmikroskopen unterscheidet. Das Mikroskop-Rohr ist in schräger Lage auf einem Pult angeordnet, das im linken Abteil das Pumpaggregat zum Herstellen der notwendigen Luftleere und im rechten den Speiseapparat für die Linsen und die ganze übrige elektronische Apparatur enthält. Das Mikroskop-Rohr liegt in der Mitte, darunter der Hochspannungsgenerator, während auf der Tafel unter dem kreisförmigen Beobachtungsschirm und beiderseits des Rohres Bedienungsknöpfe, Kontrollanzeiger usw. angebracht sind. Bei vorzüglicher Auflösung erlaubt das Mikroskop eine Vergrößerung um das 60 bis 70 000fache; eine optische Nachvergrößerung bis zum 150 000fachen ist möglich. Das Gerät wird in Deutschland von der Firma C. H. F. Müller AG., Hamburg, vertrieben, die auch auf der Messe mit einer Reihe von Röntgengeräten für industrielle Zwecke, ferner Zählrohrgeräten für Feinstrukturuntersuchungen vertreten war.

Zu den neuzeitlichen Meßgeräten gehört auch die von der Firma Rohde & Schwarz, München, gebaute Kleinquartzuhr, die als Zeit- und Frequenznormal verwendet werden kann. Es handelt sich um ein kleines Kastengerät für Wechselstrom-Netzbetrieb, das neben dem Zifferblatt mit Zeigern einen Sekundenkontakt für elektrische Steuerzwecke, sowie Ausgänge für verschiedene Normalfrequenzen hat. Sie ist temperaturkompensiert und die Frequenz von 100 kHz wird so aufgeteilt, daß man auch Normalfrequenzen von 20 kHz, 5 kHz, 1 kHz, 20 Hz und 50 Hz erhält.

Eine neuartige Elektro-Uhr wurde von der Wilhelm Zeh KG., Freiburg, entwickelt, die dadurch gekennzeichnet ist, daß der Gang durch ein völlig entkoppeltes $\frac{1}{2}$ Sekundenpendel geregelt wird. Die Gangdifferenz beträgt höchstens ein bis zwei Sekunden am Tage.

Lichttechnik

Bemerkenswert war das überaus große Angebot an Zweck- und Schmuckleuchten, wobei nicht nur die Schönheit zahlreicher Ausführungen zu erwähnen ist, sondern auch das immer weitere Vordringen der Leuchtstofflampen auch in Wohn- und Schmuckleuchten. Auf dem Siemensstand wurden Geräte für eine neuzeitliche Flugplatzbefeuerung ausgestellt. Osram zeigte seine bekannten Allgebrauch-, Sonder- und Entladungslampen. Die Reihe der Fotoblitzleuchte wurde durch einen Mischblitz in kleinen Abmessungen, den Vacublitz SO erweitert, der einen Gesamtlichtstrom von 18 000 Lumen liefert. Auch das Philips-Lichtprogramm ist durch eine Reihe von neuen Lampentypen erweitert worden. Neben der Argentalampe und der Philips Comptalux-Lampe wurden Leuchtstofflampen und die bakterientötende Lampe TUV gezeigt, die als röhrenförmige Quecksilberdampf-Entladungslampe ausgeführt ist. Erwähnt sei noch das Lichtblitz-Stroboskop, mit dem schnelle, periodische Bewegungen scheinbar verlangsamt oder sogar zum Stillstand gebracht werden können [Siehe: ELT Bd. 3 (1951) H. 3, S. 79]. Ultraviolettstrahler zur Luftentkeimung zeigte auch die Quarzlampe-gesellschaft mbH., Hanau, die auch mit einer neuen Labor-Tauchlampe und einer geistreich konstruierten Operations- und Untersuchungsleuchte nach Prof. R. Geißendörfer sowie Geräten zur Massenbestrahlung mit Höhensonnen und Solluxlampen vertreten war.

Fernmeldetechnik

Die Fernmeldetechnik war mit zahlreichen Sende- und Empfangsgeräten sowie Meßgeräten vertreten, wenn auch gerade die Rundfunkgeräte gegenüber der allgemeinen Elektrotechnik wenig hervortraten. Dazu kamen die Ausstellungen von Bauelementen für die Rundfunk- und Fernmeldetechnik, die das Gesamtbild ergänzen.

Akkumulatoren

Die Firma Gottfried Hagen AG., Köln-Kalk, zeigte verbesserte Antriebsbatterien für elektrische Fahrzeuge, bei denen die positiven Platten mit Glaswollscheider abgedeckt sind. Die Scheider sind mit Latex getränkt, vulkanisiert und liegen unmittelbar auf beiden Seiten der positiven Platten an, wodurch ein vorzeitiges Ausschlammen der aktiven Massen verhindert und die Lebensdauer der Batterie erhöht wird. Die Elektrotechnische Fabrik Kasimir Baumgarten, Dischingen, zeigte ihre Emce-Anoden, die nach einem neuen Verfahren auf Luftsauerstoffgrundlage hergestellt sind. Bei den Batterien wird als Elektrolyt Manganchlorid verwendet, so daß das Eintrocknen der Batterien verhindert und eine hochliegende Entladungskurve und eine große Kapazität erzielt werden.

Die Accumulatoren-Fabrik AG., Frankfurt a. M., zeigte ihre Bleiakkulatoren für alle Verwendungszwecke. Die ortsfesten Batterien sind mit positiven Groß-Oberflächenplatten und negativen Kastenplatten ausgerüstet, wobei kleinere Bauarten in Glasgefäße und größere in Rubelit-Gefäße eingebaut sind. Varta stellte ihre bekannten Starterbatterien für Kraftfahrzeuge aus. Daneben sah man die Stahlakkumulatoren der DEAC (Deutsche Edison-Akkumulatoren-Company GmbH, Fft./M.), während die Pertrix-Union GmbH. mit galvanischen Batterien für Licht- und Signalzwecke und der Rubolux-Lampe vertreten war, die weniger als die Hälfte einer gewöhnlichen Taschenlampe wiegt. Eine weitere Neuschöpfung ist die Perplexlampe, die nicht viel größer als ein Feuerzeug ist, aber die Leuchtkraft einer großen Lampe hat. Außerdem wurden Pertrix-Mikrodynebatterien ausgestellt, die nach einem neuartigen Verfahren hergestellt werden und bei halber Größe das gleiche wie die normalen Batterien leisten.

Auch die Hamburger Batterie-Fabrik, Hamburg 19, war mit neuartigen Flachzellen-Anodenbatterien auf der Messe erschienen, die sich durch kleine Abmessungen auszeichnen. Sie kommen für Rundfunkofferggeräte und Wechselsprechanlagen in Betracht.

TECHNISCHE KURZBERICHTE

Starkstromleitung über den Lukmanierpaß

[Nach R. Vögeli u. R. Leresche, Bull. schweiz. elektrotechn. Verein Bd. 42 (1951) H. 3, S. 77]



Bild 1: Übersichtskarte der beiden Alpenleitungen

und Riazzino wird 1951 gerechnet. Die Leitung über den Lukmanier wurde nötig, weil ein Umbau der über den Gotthard führenden Leitung eine Abschaltung bedingt hätte.

Bemerkenswert ist eine neue von der Motor-Columbus A.G. entwickelte Mastkonstruktion, bei der mit Beton gefüllte Stahlrohre anstatt der sonst üblichen Gittermasten aufgestellt wurden (Bild 2). Die dadurch erzielte Stahlersparnis beträgt $\frac{2}{3}$ des Gewichtes der Gittermasten. Die

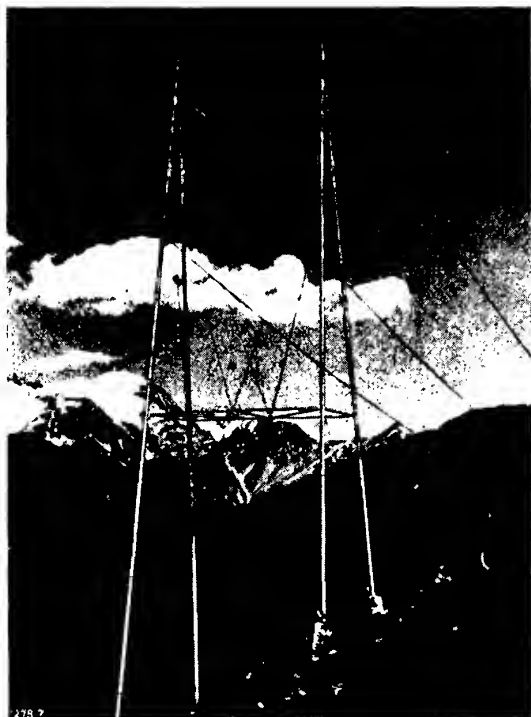


Bild 2: Normaler Tragmast der Lukmanierleitung mit ausbetonierten Stahlrohren
(Werkbild: Motor-Columbus A.G.)

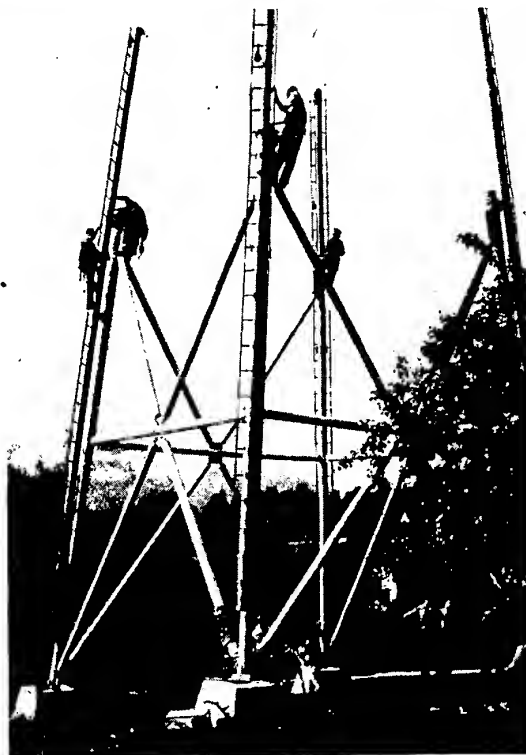


Bild 3: Montage eines Rohrmastes der Leitung Amsteg-Mettlen
(Werkbild: Motor-Columbus A.G.)

Masten sind 26 ... 67 m hoch. Als Neuerungen wurden Montagmasten verwendet, die mit einer Leiter vereinigt wurden, die bei fortschreitender Masthöhe während des Baues hochgezogen werden konnte (Bild 3), ferner neuartig Förderwagen für die Kabelrollen und eine Kabelbremse für die Verlegung der Leitungen. Die Übertragungsspannung beträgt zunächst 150 kV. Die Leiter und Isolatoren aber sind für die später in Aussicht genommene Spannung von 225 kV berechnet, während die Masten auch für eine Spannung von 380 kV brauchbar sind. Bei einem Ausbau auf 380 kV wird die Zahl der Isolatoren auf den Tragmasten von 6 auf 9 und auf den Abspannmasten von 3 auf 5 erhöht. Bei Spannungen bis zu 225 kV genügen die verlegten Aldreyseile von 30,5 mm Durchmesser. Bei 380 kV sollen sie durch Kupferhohlseile von 50 ... 60 mm Durchmesser ersetzt werden. Die Gesamtlänge der Leitung von Riazzino bis Mettlen beträgt 146,3 km in zum Teil sehr schwierigem Gelände.

W. M.

Mastengründung in Sand

[Nach E. C. Gershoy und Carl Mueller, Electr. World Bd. 135 (1951) H. 3, S. 66.]

Beim Bau einer Hochspannungsleitung durch die Sandwüste von Los Angeles wurde ein neuartiges Verfahren zum Gründen der Leitungsmasten im losen Sand angewendet. Versuche hatten ergeben, daß das Herstellen eines Mastfundamentes aus Beton mit vier Fußpunkten durch eine eingearbeitete Mannschaft von vier Mann bis zu 5 Tagen in Anspruch genommen hätte, wenn man nach dem bisherigen Verfahren gearbeitet hätte. Deshalb ging man dazu über, den Sand zuvor zu verfestigen. Mit Hilfe eines etwa 4 m langen, dünnen Rohres wurden Lösungen von Natriumsilikat und Natriumbikarbonat in den Sand eingespritzt. Diese Lösungen ergeben mit dem Sand ein Siliziumgel von annähernd homogener, fester Beschaffenheit, in das man mit dem üblichen Erdbohrer Löcher bohren kann, ohne daß sich ein Sumpf

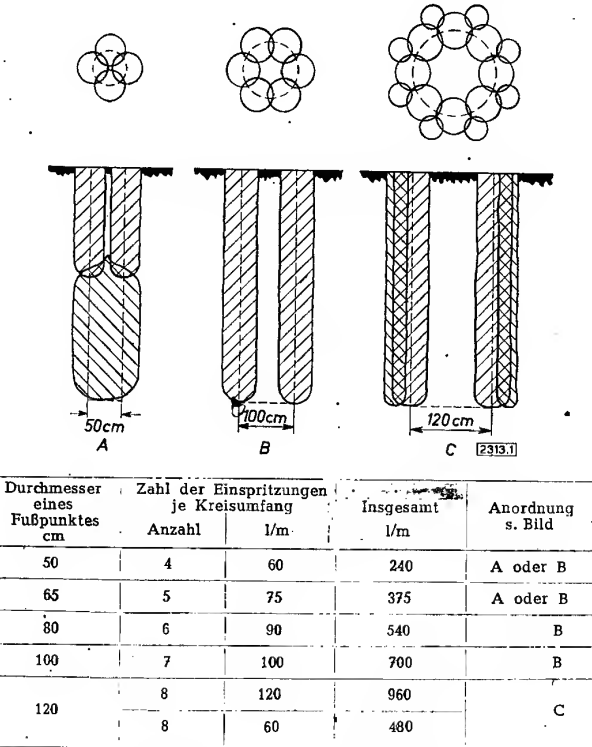


Bild 4: Anordnung der Einspritzstellen und Lösungsbedarf

ergibt oder daß Sand nachrieselt. Der Beton wird unmittelbar in das Loch gegossen.

Mit Hilfe dieses Verfahrens war es möglich, die Gründungsarbeit außerordentlich zu beschleunigen. Bis zu 4 Fußpunkte konnten in 35 Minuten gebohrt werden. Einschließlich der Anfahrzeit braucht eine Mannschaft von 4 Mann im Durchschnitt 60 Minuten, um die Fundamente für einen Mast vorzubereiten. Die benötigte Zeit schwankt hauptsächlich wegen der Verschiedenheit der Durchmesser der Fußpunkte, die zwischen 50 cm und 1 m, in einzelnen Fällen sogar bis 1,20 m lagen.

Je nach der Tiefe und dem Durchmesser der Fußpunkte werden je 0,7 bis 2,3 m³ Lösung verbraucht. Die Konzentration der Lösung richtet sich nach dem Sand. In dem vorliegenden Fall erwies sich die folgende Lösung als besonders geeignet: 12 Teile Natriumsilikat, 60 Teile Wasser und 28 Teile einer Lösung von 6,6 Gewichtsprozenten Natriumbikarbonat in Wasser. Diese Lösung verfestigt sich in 45 bis 60 Minuten. Größere Wasserzusätze bedingen mehr Zeit zum Verfestigen und ergeben geringere Festigkeit.

Die Ausrüstung der Mannschaft ist auf 2 Lastwagen mit je einem Anhänger verladen. Der eine Wagen trägt 2 Behälter von je etwa 1 m³ Inhalt, die mit Natriumbikarbonatlösung gefüllt sind, einen Mischtank von 1,1 m³ Inhalt, 2 Zylinderpumpen, die Einspritzrohre und -schläuche, Metallfässer mit Natriumsilikat und Säcke mit Natriumbikarbonat. Auf dem Anhänger ist ein Wassertank von 1,4 m³ Inhalt montiert. Der zweite Lastwagen trägt einen Wasserbehälter von 6,5 m³, eine Zentrifugalpumpe, sowie Behälter mit den Chemikalien. Auf seinem Anhänger ist eine Luftpumpe montiert, die durch einen Benzinmotor angetrieben wird.

Der Lastwagen mit dem großen Wassertank wird an Ort und Stelle von dem Anhänger gelöst und fährt ständig hin und her, um Wasser zu holen. Der kleine Wasserbehälter auf dem andern Wagen dient zum Überbrücken der Pausen. Die Behälter mit den Chemikalien, sowie die Inhalte der Tanks sind so berechnet, daß sie die optimale Konzentration durch eine Füllung und einen Behälter ergeben.

Nachdem die Lösung in den Sand gespritzt worden ist, läßt man die Stelle 3 Tage in Ruhe, um die größtmögliche Festigkeit zu erhalten, obgleich es auch möglich wäre, schon nach 2 Stunden zu bohren.

W.A.S.

Porosität galvanischer Niederschläge

[Nach R. Erdmann, Metalloberfl. Bd. 2 (1950) Ausg. B, S. 138.]

Dem Praktiker kann die Arbeit auch in kritischen Fällen Rat geben, wenn sie auch nicht den Anspruch erhebt, Universalmittel zu bieten. Beherzigenswert erscheint der grundsätzliche Ratschlag, beim Auftreten von Porosität die Schuld nicht etwa auf Bad oder Behandlungsvorschrift allein zu schieben, sondern die Erforschung der Ursache voranzustellen. Die genaue Untersuchung des Warenmetalls ist dabei erstes Erfordernis. So reagiert zum Beispiel bei der Unterkupferung in den Poren des Grundmetalls zurückgehaltene Badflüssigkeit erst nach längerer Zeit mit dem Grund- oder Deckmetall und es kommt namentlich bei Gußteilen zur bekannten Fleckenbildung. Wirksame Abhilfe kann hier nur porenfreier Guß schaffen.

Bei Walzmaterial kommen poröse Teile seltener vor. Hier verursachen vornehmlich Schlacken- und Fremdmetalleinschlüsse, daß der Niederschlag nicht fest verwächst, oder daß durch die Beizbehandlung Porenbildung auftritt. Fremdmetalleinschlüsse können auch Ursache der sogenannten Wasserstoffporen im Niederschlag sein. Polieren der Oberfläche des Warenmetalls und gegebenenfalls noch des Kupferniederschlags schaffen Abhilfe. Sinngemäß gilt das Gesagte auch dann, wenn das Warenmetall mit der Badflüssigkeit leicht reagiert. Eine diesbezügliche Prüfung vor Inangriffnahme der Arbeiten ist angezeigt.

Zur Entfernung von Zunder und Schlackeneinschlüssen wird das elektrolytische Beizen mit Erfolg angewandt, wobei die Oberfläche leicht aufgeraut und damit eine günstige Haftgrundlage geschaffen wird. Eine Aufräuhung mit Sandstrahl ist selbst bei Verwendung feinsten Sandes wegen der Gefahr der Porenbildung durch auf der Metalloberfläche zurückgehaltenen Sandstaub unbedingt zu meiden. Bei Fremdmetalleinschlüssen ist zu beachten, daß unedlere Metalle herausgelöst werden und zur Porenbildung führen. Bei edleren Metallen tritt Metallwanderung auf unter Bildung von Gasblasen, schwer löslichen Salzen oder lockeren Niederschlägen an anderer Stelle der Oberfläche des Warenmetalls.

Auch der Zustand des Bades kann die Ursache von Störungen sein. Man achte deshalb auf Verunreinigung durch Staub, Anodenschlamm und organische Stoffe. Durch peinliche Betriebskontrolle, Verwendung von Anodenbeuteln usw. können die meisten dieser Störungen vermieden werden. Die unter dem Namen „pittings“ bekannte Grübchenbildung im Niederschlag kann durch Zusatz von Oxydationsmitteln verhindert werden. Doch sind diese Zusätze bei völlig reinen, saueren Bädern bei pH-Werten unter 3,5 ohne Wirkung. Hier muß die Viskosität des Bades durch Erwärmen oder Verdünnen verringert werden. Auch Badbewegung vermindert die Porosität, doch darf sie nicht den Badschlamm aufrühren.

A. Schz.,

Fehlerortung durch Spannungsimpulse

[Nach R. W. Hughes und N. Weintraub, Electr. Engineering Bd. 69 (1950) H. 11, S. 1009.]

Die Arbeit befaßt sich mit der Fehlerortung an Starkstromleitungen und Starkstromkabeln mit Hilfe des Impulsverfahrens. Die Verfasser gehen davon aus, daß der größte Teil der Fehler nicht immer, sondern nur zeitweise auf der Leitung vorhanden ist. Deshalb ist eine schnelle Feststellung eines gerade eingetretenen Fehlers von Wichtigkeit.

Wenn sich die Störung beispielsweise zwischen zwei Punkten A und B einer Leitung befindet, so liefert diese Störung eine steile Wellenfront, die sich nach beiden Richtungen längs der Leitung ausbreitet. In Punkt A soll sich eine Registrierstation mit einem elektronischen Zähler befinden. Dieser Zähler wird durch den ankommenden Störimpuls ausgelöst. Der in B eintreffende Impuls wird gesondert aufgenommen und über ein Breitbandkabel nach A übertragen. Trifft er dort ein, so setzt er den elektronischen Zähler außer Betrieb. Aus der vom Zähler angegebenen Zeit läßt sich nun der Ort des Fehlers mit hinreichender Genauigkeit bestimmen, da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit auf den

Leitungen praktisch als konstant angesehen werden kann. Das gilt besonders für das Breitbandkabel, das wegen seiner geringen Dämpfung eine Übertragung über mehrere hundert Meilen ermöglicht. Die Zähler können noch Zeiten unter $0,625 \mu s$ messen, was bei der gegebenen Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Entfernung von etwa 160 m entspricht.

In der Arbeit wird ein Blockschema gebracht, aus dem sich das vorgeschlagene Meßsystem ergibt. Ein solches System ist zur Zeit bereits im praktischen Betrieb, und zwar umschließt es die Stationen J. D. Ross, Rainer, Chehalis, Olympia, Squak Mountain, Seattle, Covington und Snohomish. Die in den einzelnen Stationen verwendeten Stufen bestehen aus Begrenzern, Tonverstärkern und Impulsverstärkern. Insgesamt sind 23 Kanäle vorgesehen, von denen jedoch zur Zeit nur 8 benutzt werden. Über diese Kanäle muß der Fehlerimpuls übertragen werden. Da diese Kanäle auch mit normalem Telefonverkehr belegt sind, werden ziemlich umfangreiche Vorrichtungen erforderlich, um gegenseitige Störungen des Impulses für die Fehlerlokalisierung durch die Sprechimpulse zu vermeiden. Das Impulssystem muß einen Impuls von etwa $10 \mu s$ Dauer, der eine Anstiegs- und Abfallzeit von etwa $0,2 \mu s$ hat, übertragen.

In der Arbeit wird ausführlich erläutert, durch welche Hilfsmaßnahmen eine gegenseitige Störung vermieden werden kann. Man verwendet Austastimpulse, die die Leitung für die Zeit der Fehlerimpulsübertragung freigeben. Der normale Sprechverkehr wird dadurch jedoch kaum gestört, denn die Leitung wird durch den Fehlerimpuls immer nur sehr kurzzeitig belegt. Besondere Vervielfacher und Filtereinrichtungen sorgen, dafür, daß Irrtümer bei der Fehlerortung nicht möglich sind. H. R.

Die Vorausberechnung von Erdelektroden bei der Erstellung von Erdungsanlagen

[Nach M. Wettstein, Bull. schweiz. elektrotechn. Verein Bd. 42 (1951) H. 2, S. 49; 15 S., 22 B.]

Es wird über Versuche an Erdelektroden berichtet, die sich auf mehrere Jahre hin erstrecken haben. Die systematische Erfassung der Zusammenhänge zeigt, von wie vielen Faktoren die einzelnen Messungen beeinflusst werden, und daß nicht wenig Arbeit und Können für die Herstellung einwandfreier Erdelektroden erforderlich sind. Die Arbeit behandelt nur langgestreckte und kreisförmige Bänder als Erdelektroden. Die gefundenen Erkenntnisse lassen sich auch auf die bei uns gebräuchlichen Erdelektroden übertragen. Es wäre interessant, wenn deutsche Versorgungsunternehmen ähnlich aufschlußreiche Ausführungen der Fachwelt mitteilen würden.

In Abschnitt A wird erläutert, daß der Übergangswiderstand einer Erdelektrode von der Bodentemperatur, der Bodenfeuchtigkeit und von der Bodenart abhängt, d. h. ob die Elektrode in gewachsenem oder aufgeschüttetem Boden liegt. In Bodenlagen tiefer als 1 m ist die Bodenfeuchtigkeit über das ganze Jahr hin nahezu konstant. Es ist daher der Erdübergangswiderstand in diesen Lagen nur noch eine Funktion von der Bodentemperatur und der Bodenart. Erdelektroden im Grundwasser und tiefer als 1 m liegende zeigen annähernd gleiche Erdübergangswiderstände. Die Zusammenstellung für die Umrechnung der gemessenen Erdübergangswiderstände ist für die Herstellung weiterer Erdelektroden mit Vorsicht zu gebrauchen. Voraussetzungen zu einwandfreier Anwendung sind gleicher Witterungseinfluß und ähnliche Bodenverhältnisse. Völlig gleiche Bodenverhältnisse gibt es aber nicht. Die versickerten Niederschläge gehen, bis sie ins Grundwasser gelangen, ganz verschiedene Wege innerhalb des Erdbodens.

Abschnitt B zeigt die Auswertung von Berechnungen und Messungen der Schritt- und Berührungsspannungen. Die Spannungsverteilung um die Elektroden wurde an Beispielen auf dem Wasser eines Teiches untersucht. U. a. wird eine Darstellung der Spannungsverteilung auf der Erdoberfläche für eingegrabene langgestreckte Bänder gebracht. Als besonderes Ergebnis wird festgestellt, daß die Schrittspannung nicht von der Länge der eingegrabenen, langgestreckten

Bänder abhängt. Sie ist lediglich eine Funktion der Eingrabetiefe. Bei eingegrabenen kreisförmigen Bändern wird die Schrittspannung mit größer werdendem Elektrodendurchmesser und mit größer werdender Eingrabetiefe kleiner. Eingrabetiefen bis etwa 200 cm setzen die Schrittspannung bis zu 10% herab. Bessere Erdübergangswiderstände werden kaum erreicht.

Im Abschnitt C wird über die höchstzulässige Belastung von Erdelektroden gesprochen. Bei mäßig erwärmtem Erdboden steigt die Schrittspannung, sie nimmt bei voller Austrocknung sehr hohe Werte an. Zu hohe Erwärmung der Erde um die Elektroden herum, z. B. bei Hochspannungs-erdschlüssen, sollte unbedingt vermieden werden.

Abschnitt D bringt Betrachtungen über gegenseitige Beeinflussungen von Erdelektroden, die als Schutzerdungen für Hochspannungs- und Niederspannungsanlagen verwendet werden. Der Gefahr der Spannungsübertragung von einer Erdelektrode zur anderen ist nur dann Bedeutung beizumessen, wenn die verschiedenen Anlagen einschließlich der Erdelektroden wirklich einwandfrei getrennt verlegt worden sind. Wirtschaftliche und technische Überlegungen führen im allgemeinen zur Kopplung von Erdungsanlagen. Na.

Plastische Schutzbinden in der Elektrizitätswirtschaft

[Nach W. Willing, Elektrizitätswirtsch. Bd. 49 (1950) H. 11, S. 323]

Teile elektrischer Anlagen, die schwer zugänglich sind und daher nicht ständig unter Kontrolle gehalten werden können (z. B. Kabel und Rohre im Erdboden), lassen sich nur schwer dauernd gegen Korrosion schützen. Hier haben sich seit vielen Jahren, plastische Binden als wirksamer Korrosionsschutz bewährt. Sie bestehen aus verschiedenen breiten Bändern aus Grobnessel oder Jute, die beiderseits mit einer Schicht aus Protoparaffinen belegt sind. Diese sind wasserunlöslich und chemisch unangreifbar. Ihr Tropfpunkt beträgt $60^\circ C$ (A-Typ) bzw. $130^\circ C$ (B- und C-Typ). Wesentlich ist, daß sie immer plastisch bleiben und beim Überlappen Umwickeln des zu schützenden Teiles eine vollkommen dichte Schutzschicht bilden, die viele Jahre Bestand hat. Bemerkenswert ist der hohe elektrische Durchschlagswert, wobei die Werte bei den B- und C-Typen wesentlich höher liegen als bei dem A-Typ. Auch der Isolationswert liegt hoch.

Die Versuche mit Kabeln ergaben weiter einen hohen Schutz gegen das Eindringen von Feuchtigkeit und ebenso gegen elektrochemische Angriffe. Die Versuche erstreckten sich über eine längere Zeit. Insbesondere zeigten die nicht geschützten Vergleichskabel starke Zerstörungen, während die geschützten Stücke keine wesentliche Beeinträchtigung erkennen ließen. Die Ergebnisse näherten sich einem Beharrungszustand, so daß auf dauernde Wirksamkeit geschlossen wird.

Ausführlich wird über Erfahrungen und Verwendungsmöglichkeiten berichtet. Am kompliziertesten ist der Schutz gegen vagabundierende Ströme. Bei Kreuzungen mit Schienen von Gleichstrombahnen umwickelt man die Kabel auf eine Entfernung von 10 bis 50 m von der Kreuzung mit A-Binden, ebenso Kabelmuffen (B- und C-Binden sind hier zu steif). Gas- und Wasserrohre können in gleicher Weise geschützt werden. Bei langen Parallelführungen sind die Kabel usw. mit Sonderschutz (erhöhte Sicherheit) von vornherein billiger. Bei der Instandsetzung von Leitungen werden die Reparaturstellen nachträglich mit den Binden geschützt.

Weiterhin haben sich die plastischen Binden als Kabelschutz in aggressiven Böden (Schutt, Schlacke, Moor) sowie bei Gebäudeeinführungen (besonders Ställe) bestens bewährt, wie auch zur Ausbesserung von Beschädigungen an der äußeren Beflechtung.

Sind durch Überlastung höhere Temperaturen als $60^\circ C$ zu befürchten¹⁾, werden die B- und C-Typen empfohlen (z. B. außerhalb des Bodens). Auch Luftkabel können damit gegen

¹⁾ Dies sollte aber im Hinblick auf die Möglichkeit von Dauerschäden in der Kabelisolation durch Überlastung (Übererwärmung) unter allen Umständen vermieden werden. (Siehe auch nächstes Referat.)

Rauchgase geschützt werden. Zum Schutz von Metallen (z. B. Verbindungen einer Erdleitung usw.) sind plastische Binden lt. VDE-Vorschrift 0190/VII 40 vorgeschrieben. Sogar zum Herstellen von provisorischen Endverschlüssen und Kabelmuffen lassen sich plastische Binden verwenden (bis 60 kV angewandt!). Selbst als zusätzlicher Schutz von Kabelmuffen unter Wasser haben sie sich bewährt. Endlich sind C-Binden zum Abdichten von Kabelmuffen (Kabeleinführung) an Stelle der getränkten Pappe wesentlich besser geeignet. G. O. F.

Über Hochspannungskabel

[Nach W. Vogel, F & G-Rundschau (1950) H. 29, S. 78.]

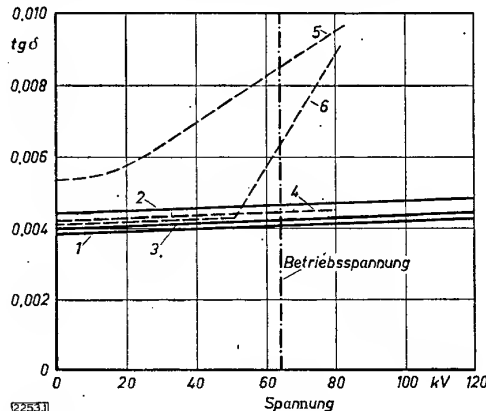


Bild 5: Verlustwinkelverlauf in Abhängigkeit von der angelegten Spannung bei verschiedenen Temperaturen

Kurve 1 bis 3 normale Beanspruchung; 1 — bei 20°, 2 — bei 40°, 3 — nach Wiederabkühlung auf 17°, Kurve 4 bis 6 Übererwärmung (Dauerschaden), 4 — bei 10°, 5 — bei Übererwärmung auf 60°, 6 — nach Wiederabkühlung auf 13°, durch Übererwärmung dauernder Schaden, Knick unterhalb der Betriebsspannung, baldiger Durchschlag zu erwarten

Nach einem kurzen geschichtlichen Rückblick wird zunächst gezeigt, worauf sich die hohe Durchschlagsfestigkeit der Papier-Öl-Isolation gründet. Sie erreicht bei guten Kabeln 14 bis 18 kV/mm. Die tatsächliche Beanspruchung liegt aber im praktischen Betrieb wesentlich niedriger, u. zw. bei 4 bis 5 kV/mm, sodaß eine 3- bis 4fache Sicherheit gegeben ist. Diese Werte gelten für ein gesundes Kabel, eine maximale Leitertemperatur von rd. 50°C und für Dauerbeanspruchung. Die Durchschlagsfestigkeit kann zwar im kalten Zustand und bei kurzer Einschaltdauer höher liegen, maßgebend ist jedoch die Betriebstemperatur des Kabels (s. a. Bild 6).

Eine Wärmeentwicklung tritt schon bei reiner Spannungsbeanspruchung auf. Bei Dauerbeanspruchung (z. B. im Dauer-Durchschlagsversuch) ist zunächst eine gleichmäßige Zunahme der Oberflächentemperatur zu beobachten; bei weiterer Spannungssteigerung erwärmen sich einzelne Stellen besonders stark, und dort erfolgt dann auch im weiteren Verlauf der Durchschlag. An solchen Stellen zeigen sich bei näherer Untersuchung im Innern Veränderungen in der Isolation (Öl sowohl wie Papier), die den Durchschlag vorbereiten. Bei normaler Beanspruchung setzt dieser Vorgang noch nicht ein. Eine Überbeanspruchung, sei es durch allgemeine Stromüberlastung, oder auch z. B. durch lokale Erwärmung von außen her, kann die Schädigung ebenfalls einleiten. Die Erfahrung zeigt, daß ein durch Überlast geschädigtes Kabel auf seiner ganzen Länge nicht wieder gut zu machende Schäden erlitten hat, so daß sich Durchschläge aus diesem Grund immer wiederholen werden.

Die durch Wechselspannung bedingten dielektrischen Verluste sind sehr gering. Da aber auch die Wärmeabfuhr sehr gering ist, führen sie doch zu stärkeren Temperaturerhöhungen (und begrenzen dadurch die zulässige Erwärmung durch Strom). Das Streben nach einer meßtechnischen Erfassung (mit einem Wattmeter sind sie kaum zu messen) führte zur Schering-Brücke, mit welcher der tg delta (delta = Verlustwinkel) mit großer Genauigkeit bis zu hohen Spannungen gemessen werden kann. Nach der Formel:

$$N = U^2 \cdot C \cdot 2 \pi \cdot n \cdot \text{tg } \delta$$

ergibt sich die Verlustleistung N. Bemerkenswert ist die Zunahme der Verluste mit dem Quadrat der Spannung (zu beachten, wenn Kabel mit höherer Spannung betrieben werden sollen, als der, für welche sie gebaut sind).

Zeichnet man tg delta in Abhängigkeit von der Spannung auf, so zeigen sich Fehler durch einen Knick nach oben an (Ionisierungs-Knick) (Bild 5). Alterungserscheinungen und Schäden durch Überbeanspruchung verschieben den Knick nach dem Kurvenanfang hin, d. h. er tritt schon bei niedrigeren Spannungen auf. Der Knick entspricht ferner etwa dem Dauerdurchschlagswert des Kabels, ist also in gewisser Weise auch ein Maß für den Sicherheitsgrad. Besonders wichtig ist die steigende Zunahme des tg delta, sobald die Kabeltemperatur 30°C überschritten hat. (s. u. bei Wärmedurchschlag).

Diese Erscheinung wird ausführlich behandelt und dabei die Gefährdung der Kabel durch Überlastungen nachgewiesen.

Ebenso ausführlich wird die Hohlraumbildung behandelt (fälschlich auch bisweilen mit „Austrocknen“ bezeichnet). Durch die betriebsmäßige Erwärmung des Kabelleiters wird die Tränkmass leichter flüssig und in die äußeren Papierlagen gedrückt. Bei Abkühlung fließt sie wieder zurück. Nach übermäßiger Erwärmung kann aber die Masse bei nachfolgender Abkühlung nicht mehr restlos zurückwandern, so daß sich feinste Hohlräume bilden, die zu frühzeitigem Durchschlag führen müssen.

Es werden nun Konstruktionen beschrieben, welche die Hohlraumbildung vermeiden sollen. Es sind dies die Öl-kabel (Hohlleiter und dünnflüssiges Isolieröl) und Druck-kabel (z. B. Kabel in Rohren unter Gasdruck von 10 bis 15 atü). Derartige Kabel vertragen eine höhere Ausnutzung (Strombelastung) und eine höhere Spannungsbeanspruchung (geringere Isolationsstärke) (Bild 6). Diese Bauarten ermöglichen den Bau von Kabeln für höchste Spannungen.

Endlich wird dem Wärmedurchschlag ein ausführliches Kapitel gewidmet. Es wird nochmals eingehend dargestellt, wie die Kabeltemperatur nur dann einen stabilen Endwert einhält, wenn eine genügende Wärmeabfuhr gewährleistet ist. Andernfalls steigert sich die Erwärmung durch Zunahme des tg delta bis der Durchschlag unvermeidlich ist (man bezeichnet diesen Vorgang auch als Wärmekippen). Deshalb ist es auch eine besondere Sorge der Hersteller, daß die Temperaturabhängigkeit des tg delta einen möglichst flachen Verlauf erhält. Der Einfluß der Verlegungsbedingungen ist dadurch nochmals unterstrichen. U. U. — z. B. in Kanälen und Bergwerken — muß durch Bewetterung für ausreichende Kühlung gesorgt werden. Bei Kurzschlüssen darf die Leitertemperatur 100°C nicht überschreiten. Dies ist durch Querschnitt und Abschaltzeit sicherzustellen. G. O. F.

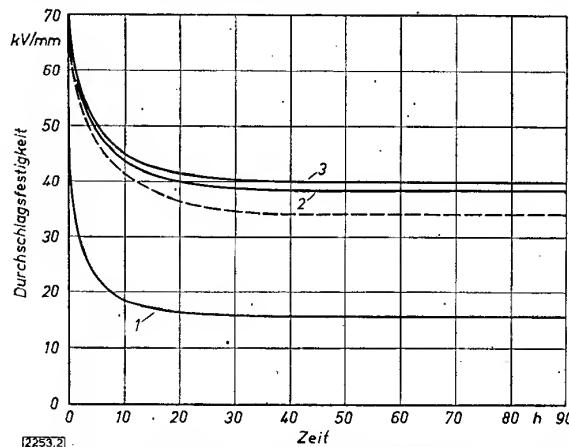


Bild 6: Zeitdurchschlagskurve eines normalen Hochspannungskabels (1) im Vergleich zum Öl- (2) und Druckkabel (3)

Die ausgezogenen Kurven gelten für Raumtemperatur ohne Strombelastung. Die gestrichelte Kurve gilt für Öl- und Druckkabel bei normaler Strombelastung

Für und wider das Elektrofahrzeug

[Nach Neuberg-Motz, Glaser Annalen Bd. 75 (1951) H. 1, S. 13.]

In diesem bemerkenswerten Aufsatz, dessen Veröffentlichung in der gegenwärtigen Phase der Preis- und Materialkrise äußerst günstig gewählt ist, bemüht sich der Verfasser, eine möglichst sachliche Gegenüberstellung von Elektro- und Verbrennungs-Motor hinsichtlich Verwendbarkeit, Aktionsradius und Wirtschaftlichkeit zu geben. Während das mit Batterie und Ladeeinrichtung ausgerüstete Elektrofahrzeug für Fernfahrten und schnellen Personenverkehr als ungeeignet ausscheidet, sind seine Vorteile und Bequemlichkeiten bei Benutzung als Last- oder Lieferwagen im großstädtischen Verkehr so überragend, daß die ganze Arbeit schlechthin nur eine Aufzählung von beachtenswerten Beispielen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen zugunsten des Elektrofahrzeuges darstellt. Die in aufschlußreicher Art dargelegten Feststellungen, die durch grafische und tabellarische Übersichten erhärtet werden, dürften selbst dem Laien die Überlegenheit des elektrisch betriebenen Kraftwagens im Güternahverkehr der Städte im Hinblick auf seine Wirtschaftlichkeit, Sauberkeit, Betriebssicherheit, Lebensdauer und elementare Bedienungsmöglichkeit aufzeigen.

Der Verfasser hat in seiner Arbeit sehr nützlich Material zusammengetragen, das gerade jetzt — am Beginn einer beträchtlichen Verkehrsausweitung — ungeachtet der Devisenfrage für Dieseltreibstoff besondere Bedeutung erlangen dürfte. Bei Untersuchung des Kapitaldienstes kommt er unter Zugrundelegung der Werte Dieselfahrzeug = 100% und Vergaserfahrzeuge = 80 ... 85% Beschaffungskosten allerdings auf eine Basis von 120 ... 145% für das vollausgerüstete Elektrofahrzeug; er weist aber gleichzeitig auf die 30 ... 40% niedrigeren Betriebskosten gegenüber dem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor hin bei Berücksichtigung einer Lebensdauer von 10 bis 30 Jahren und darüber. Seine Ermittlung der Beziehung Treibstoff : Dieseltreibstoff : Benzin = 1 : 6 : 13 beweist, daß die zunächst aufzuwendenden höheren Beschaffungskosten bereits in 2 bis 3 Jahren durch Ersparnisse an Treibstoff wieder voll eingebracht sind.

Über Reparaturen und Erneuerungen wird dargelegt, daß bei Verbrennungsfahrzeugen während ihrer relativ kurzen Lebensdauer zwischen 120 bis 210% des Anschaffungspreises aufgebracht werden müssen, während dieser Betrag beim Elektrofahrzeug im gleichen Zeitraum nur etwa 15 bis 20% ausmacht.

Wenn abschließend bemerkt wird, daß die britische Besatzungsmacht eine größere Zahl von Elektrofahrzeugen bei der deutschen Industrie bestellt hat, um mit ihnen Verbrennungsfahrzeuge im Güternahverkehr der Großstädte zu ersetzen, so dürfte das auch für die künftige Verwendung dieses sauberen, billigen, betriebssicheren und in seiner Bedienung einfachen Fahrzeuges bei uns richtungweisend sein. St.

Eigenschaften moderner elektrischer Rohrkochplatten während des Dauerbetriebes

[Nach R. Czepek, Elektrowärmetechn. Bd. 1 (1950) H. 4, S. 91.]

Der Verfasser beschreibt die Eigenschaften der sogenannten Rohrkochplatten, die besonders in den USA eine große Verbreitung gefunden haben. Im Gegensatz zu den Masse-Kochplatten wird bei den Rohrkochplatten die Wärme zum größten Teil durch Strahlung übertragen. Der Verfasser weist allerdings darauf hin, daß die Einteilung in Leitungs- und Strahlungsplatten nur einen graduellen Unterschied, zum Ausdruck bringt, da die Absorptionsverhältnisse des Kochgeschirrs eine wesentliche Rolle spielen. Beispielsweise wird ein Aluminiumtopf mit blankem Boden nur einen sehr geringen Teil der Energie als Strahlungswärme aufnehmen (Strahlungszahl $C = 0,3$) im Gegensatz zu einem Emailletopf mit dunkler Oberfläche (Strahlungszahl $C = 4$). Auf der anderen Seite würde auch eine Masse-Kochplatte durch Strahlung heizen, wenn sich das Kochgut in einem Gefäß aus Jenaer Glas befindet.

Der grundsätzliche Unterschied zwischen der Masse-Kochplatte und der Rohrkochplatte besteht in der geringeren Anheizzeit der Rohrkochplatte, die damit mit dem Gasbrenner in Wettbewerb treten kann. Dabei muß ein schlechterer Wärmewirkungsgrad infolge der Strahlungsverluste in Kauf genommen werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Rohrkochplatte kein Spezialgeschirr mit plangestaltetem Boden erfordert. Neben diesem wärmetechnischen Vorteil besteht ein technologischer Vorteil in der geringeren Feuchtigkeits-Empfindlichkeit und in der Möglichkeit der Verwendung ausgesuchter Isolierstoffe (z. B. Magnesit), denen man kein Bindemittel beizufügen braucht, das die Qualitäten des Isolierstoffes verschlechtert.

Der Verfasser beschreibt dann Versuche über die Lebensdauer von Rohrkochplatten, die vergleichsweise mit Kanthaldraht (Eisen-Aluminium-Legierung) und dem besten handelsüblichen Chromnickeldraht ausgerüstet waren. Bei diesen Versuchen wurde laufend der Kaltwiderstand, der Warmwiderstand, die Heizleiter- und die Oberflächentemperatur der Platten sowie der Isolationswiderstand in warmem Zustand gemessen. Die Versuche ergaben eine eindeutige Überlegenheit des Kanthalheizleiters, der an sich schon eine höhere Temperatur und eine stärkere Belastung verträgt. In bezug auf die Lebensdauer beim Kanthaldraht senkte sich der Warmwiderstand nach einer vorübergehenden Erhöhung wieder auf den Anfangswert. Die gleiche Erscheinung zeigte sich beim Isolationswiderstand. Sie wird damit erklärt, daß durch die Bildung eines sehr beständigen Aluminiumoxyds auf der Oberfläche während des Betriebes einer weiteren Querschnittsverminderung und einer die Isolation vermindernenden Diffusion von Metalloxyd in die Keramikschicht entgegengearbeitet wird. Diese Behauptung wird auch durch mikroskopische Bilder unterstützt, wonach bei Nickel-Chrom-Legierung die keramische Einbettmasse durch Oxydbildung verunreinigt wird, bei Kanthaldraht dagegen nicht.

Bei diesen Versuchen hatten die Kochplatten mit Kanthaldraht eine Lebensdauer von 5330 Betriebsstunden. Gut.

Drahtloser Suchdienst für Ärzte

[Nach C. Ennis, Pop. Science Bd. 158 (1951) H. 1, S. 104.]

Dank eines neu eingerichteten Rufdienstes des New Yorker Rundfunks können Ärzte in dringenden Fällen überall im Stadtgebiet erreicht werden. Wird ein Arzt in seiner Wohnung angerufen und meldet er sich nicht, wird der Ruf vom Telefonamt aufgenommen. Ergibt es sich, daß es sich um einen dringenden Fall handelt, so wird die Kodenummer des Arztes sofort an den Suchsender weitergegeben, der sie auf der für das „Telanserphone“ reservierten Welle von 43,58 kHz ausstrahlt.

Der Arzt ist gehalten, seinen winzigen Taschenempfänger wenigstens einmal in der Stunde einzuschalten und die Kodenummern, die ununterbrochen durchgegeben werden, abzuhearschen. Wird seine Nummer verlangt, so meldet er sich über den nächsten Fernsprecher, worauf er erfährt, worum es sich handelt. Hat er sich gemeldet, wird seine Nummer aus dem Rufdienst herausgenommen. Bis zu 60 Ärzte können auf diese Weise auf einmal gesucht werden.

Die Sendeeinrichtung ist weitestgehend mechanisiert. Die Arztnummern sind auf 16 mm Tonfilm aufgezeichnet. Das Filmstück mit der Nummer wird in einem Kästchen aus Kunststoff aufbewahrt. Soll die betreffende Kodezahl gesendet werden, so wird das Kästchen auf ein endloses Band geheftet, wobei der Filmstreifen alle 60 Sekunden an einer Fotozelle vorbeigeführt und abgetastet wird.

Der Arztempfänger ist nicht größer als ein Brillenfutteral und wiegt nur 170 g einschließlich Batterie. Er gestattet einen einwandfreien Empfang im Umkreis von 40 km vom Sender. Er ist mit einer kleinen, zusammenrollbaren Antenne ausgestattet und arbeitet sowohl im Freien, als auch in Gebäuden und im Auto. Nur in der Untergrundbahn ist ein Empfang nicht möglich.

Der Rufdienst, an dem sich vorläufig nur Ärzte beteiligen können, kostet monatlich \$ 12,— für jeden Abonnenten.

W. H.

Das Anpeilen von Schwarzhörern

Aus der Tagespresse sind Fahndungen bekannt geworden, die man in den letzten Monaten zur Ermittlung von Schwarzhörern angestellt hat. Mitunter hinterließen diese Meldungen den Eindruck, als ob es sich um ein ganz neuartiges, wünschelrutenähnliches Gerät handle, mit dem es möglich sei, die Anwesenheit eines Rundfunkempfängers beliebiger Bauart in jedem Hause bzw. in jeder Wohnung festzustellen. In Wirklichkeit ist man jedoch auf eine Eigenstrahlung des Empfängers angewiesen, die vorhanden sein muß, wenn die Suche Erfolg haben soll. Deshalb lassen sich beispielsweise Detektorempfänger oder Geradeaus-Empfänger ohne Rückkopplung nicht ermitteln. Dagegen gelingt es mit Hilfe sehr empfindlicher Suchempfänger und Tastantennen, die stets vorhandene, wenn auch sehr schwache Ausstrahlung des Oszillators von Superhets in die Antenne nachzuweisen. Ebenso läßt sich natürlich ein infolge überzogener Rückkopplung schwingender Geradeaus-Empfänger aufspüren.

Diesen Tatsachen liegt das Prinzip der Suchgeräte zugrunde, wie sie im Bundesgebiet zum Ausfindigmachen von Schwarzhörern verwendet werden. Der Prüfer trägt ein kleines Köfferchen und eine Tastantenne bei sich. Der Koffer enthält vor allem ein hochempfindliches Empfangsgerät, dessen Frequenzbereich den üblichen Werten der Oszillatorfrequenzen in Rundfunkempfängern entspricht. Durch systematisches Abgehen des Gebäudes gelangt man bei ständigem Beobachten ganz von selbst zu den Punkten der größten Strahlungsintensität und kann auf diese Weise mit einiger Sicherheit jede Wohnung ermitteln, in der ein Superhet arbeitet.

Die mit Systematik betriebene Suchaktion war von großem Erfolg begleitet. Übrigens haben sich auch viele nicht zahlende Hörer anlässlich der zahlreichen Aufrufe in der Tagespresse zur freiwilligen Anmeldung ihres Rundfunkgerätes entschlossen. In solchen Fällen sah man von Strafen ab. Wird jedoch in Zukunft durch eine Suchaktion ein Schwarzhörer ermittelt, so hat er mit empfindlichen Strafen, unter Umständen sogar mit dem Einzug seines Empfangsgerätes zu rechnen.

H. R.

Die Instandsetzung schadhafter Kommutatoren

[Nach F. R. Stanley, Electr. Times Bd. 118 (1950) H. 3084, S. 937.]

Im Gegensatz zu vielen anderen Ländern werden in England Kommutatorschäden, wie Exzentrizitäten, vorstehende Lamellen, Riefenbildungen und unrunde Stellen meist durch Ueberdrehen des Kommutators bei ausgebautem Läufer behoben, wobei Drehzahlen verwendet werden, die in der Regel erheblich unter der Betriebsdrehzahl liegen. Schäden, die infolge der Zentrifugalkräfte und der Stromwärme auftreten, können daher nur in unzureichendem Maße beseitigt werden.

Um diese Nachteile zu vermeiden, wird das Abschleifen des Kommutators bei montierter Maschine und bei Betriebsdrehzahl mit geeigneten Schleifsteinen empfohlen. Die Verwendung isolierender Steine erlaubt das Abschleifen bei Nennstrom der Maschine. Das einwandfreie Abschleifen von Hand gelingt meist nur geübten und erfahrenen Schleifarbeitern. Die Größen der rechteckigen Schleifsteine müssen den Kommutatorgrößen, den Krümmungsradien und der Größe der Schadensstellen möglichst gut angepaßt sein. Zur Vermeidung von Riefen muß der Stein in axialer Richtung genügend weit hin- und herbewegt werden können. Zu kleine Steine neigen zum Springen und verursachen weitere Schäden.

Zur Erleichterung der Schleifarbeit verwendet man Vorrichtungen, die an einem Bürstenbolzen befestigt werden und mit denen die Steine bei richtigem Schleifdruck bequem hin- und hergeführt werden können. Bei größeren Schäden benützt man zunächst grobkörnige und dann feinkörnige Steine.

Die Güte eines Steines hängt nicht nur von der Korngröße, sondern vor allem von dem Bindemittel ab. Bei der entstehenden Reibungswärme soll das Bindemittel an der

Oberfläche des Steines schmelzen, so daß sich vorstehende Steinteilchen ablösen können. Der Stein soll porös sein, damit er die kleinen Kupferspäne ohne zu springen aufnehmen kann.

Für die Schleifpraxis werden noch folgende Hinweise gemacht:

Ist der Kommutator ölig oder fettig, so soll er vor dem Schleifen mit Schmirgelleinen behandelt werden. Der Stein soll mit einem Druck von etwa 150 ... 300 g/cm² möglichst senkrecht angedrückt werden. Die axiale Bewegung des Steines soll schnell erfolgen. Nach dem Schleifen muß der Glimmer ausgeschabt und der Kupfer-, Glimmer- und Schleifstaub aus der Maschine abgesaugt werden, wobei für den Arbeiter Schutzmasken empfohlen werden.

Zu dem Aufsatz einige wichtige Hinweise: beim Schleifen des Kommutators müssen andere Maschinenteile gegen das Eindringen von Staub abgedeckt sein und Absaugvorrichtungen für das sofortige Entfernen des Staubes sorgen. Mit Rücksicht auf die Verschmutzung der Lager wird man kleine Kommutatormaschinen nur selten im eingebauten Zustand abschleifen, sondern das Abdrehen bei ausgebautem Läufer vorziehen.

Bei größeren Umfangsgeschwindigkeiten verwendet man statt der Steine mit gutem Erfolg auch motorisch angetriebene, auf einem Schlitten montierte Schleifscheiben. Bei kleineren Geschwindigkeiten ist das Abdrehen mit Diamant zweckmäßig. Beides muß im stromlosen Zustand erfolgen, weshalb ein vorheriges Erwärmen des Kommutators angebracht ist. Ferner soll vor dem Schleifen oder Drehen eine Schleuderprobe vorgenommen werden.

Rk.

Elektronische Drehzahlreglung

Früher, als noch die Transmissionen in den mechanischen Werkstätten allgemein verwendet wurden, kannte man nur eine in sehr engen Grenzen gehaltene Drehzahlreglung der Werkzeugmaschinen durch die Stufenscheiben. Die Werkzeugmaschinenindustrie schuf dann mechanische Getriebe zur stufenlosen Reglung. Heute kann auf diese Getriebe verzichtet werden, da die Elektronik in den „Thyratronröhren“ ein Mittel zur stufenlosen Reglung der Drehzahl von Gleichstrommotoren und zur Gleichrichtung von Dreh- und Wechselstrom geschaffen hat.

Das Thyatron ist eine Elektronenröhre, die außer der Glühkathode und der Anode ein oder mehrere Gitter hat, deren Kolben aber im Gegensatz zu den sonst in der Hochfrequenztechnik üblichen Elektronenröhren mit Quecksilberdampf oder Edelgas oder auch mit einer Mischung aus diesen beiden Stoffen gefüllt ist. Legt man an das Gitter eine positive Spannung an, so wird den aus der Kathode austretenden Elektronen eine hohe Geschwindigkeit erteilt, die groß genug ist, um die Quecksilberdampf-, bzw. Edelgasatome zu ionisieren, also in ein Elektron und ein positiv geladenes Ion aufzuspalten. Die positiven Ionen wandern zur Kathode, wo sie eine Neutralisierung der Raumladung hervorrufen. Dadurch wächst der Anodenstrom so an, daß er um ein Vielfaches größer wird als der einer entsprechenden Hochvakuumröhre. Wenn das Gitter vor dem Anlegen der positiven Spannung eine negative Spannung von genügender Größe erhält, so werden die Atome des Füllgases nicht ionisiert, und es fließt

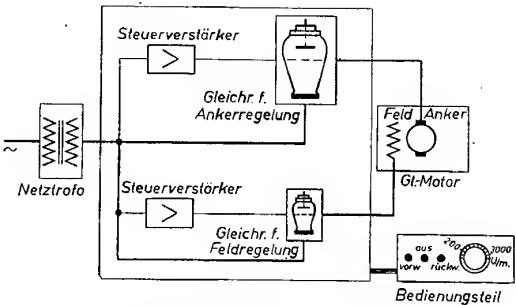


Bild 7: Grundschaltskizze einer elektrischen Antriebssteuerung

von der Kathode zur Anode kein Strom. Wenn nun die negative Gitterspannung kontinuierlich vermindert wird, so beginnt bei einem bestimmten Wert der Gitterspannung die Ionisierung; der Anodenstrom beginnt zu fließen, die Röhre hat „gezündet“. Zwischen der Kathode und der Anode ergibt sich ein von der Stromstärke unabhängiger Spannungsabfall, der als „Bogenspannung“ bezeichnet wird und bei den heutigen Röhren etwa zwischen 16 ... 32 V beträgt. Er hängt von der Höhe des Gasdrucks ab und von der Art der verwendeten Gase. Es besteht bei Thyratrons mit Quecksilberdampfzuführung auch noch eine gewisse Temperaturabhängigkeit der Bogenspannung. Da aber die Bogenspannung nur ein sehr kleiner Teil der Anodenspannung ist, wird der Wirkungsgrad des Thyratrons hierdurch nur wenig beeinflusst. Bemerkenswert ist, daß nach der „Zündung“ der Röhre der Strom weiterfließt, auch wenn eine negative Spannung an das Gitter gelegt werden würde. Durch Abschalten der Anodenspannung oder, wenn die Spannung unter den Wert der Bogenspannung sinkt, wird die Röhre „gelöscht“. Quecksilberdampfgefüllte Röhren können für Frequenzen bis zu 500 Hz verwendet werden.

Eine Reihe von deutschen Firmen benutzt diese Röhren für den Bau von elektronischen Geräten zur Regelung der Drehzahl von Gleichstrommotoren. Solche Regeleinrichtungen sind nicht teurer als ein entsprechendes Ward-Leonard-Aggregat, sie nehmen aber weniger Platz ein, benötigen keine Fundamente und brauchen kaum gewartet zu werden. Die Lebensdauer der Röhren liegt bei über 6 000 Stunden, manche Röhren erreichen bis zu 30 000 Brennstunden. Damit aber dürfte die Wirtschaftlichkeit dieser elektronischen Steuerungen gegeben sein.

Als Muster einer solchen Einrichtung sei im folgenden kurz die elektronische Motorsteuerung „Tronomat“ der Firma Pintsch-Electro-GmbH. besprochen. Wie aus dem Übersichtsschaltbild (Bild 7) hervorgeht, besteht die Anlage aus dem Leistungstransformator, der bei kleineren Leistungen bis zu 0,9 kW wegfallen kann, dem Steuergerät, das außer den Thyratrons und den dazu gehörenden Schaltelementen die die Gittersteuerung bewirkenden Stellverstärker enthält, dem Gleichstrommotor und dem Bedienungsteil. Verzichtet man auf den Netztransformator, so ist man natürlich hinsichtlich der Spannung festgelegt. Man kann auch die hohe Sperrspannung der Thyratrons nicht ausnutzen. Durch die Regelung des Anodenstroms des Thyratrons kann man sowohl den Anker als auch das Feld des Motors beeinflussen und dadurch die Drehzahl ändern. Die Änderung der Drehrichtung erreicht man durch Umpolen der Ankerspannung mit Hilfe eines Schaltschützes. Man kann natürlich auch die Feldspannung auf elektronischem Wege umpolen. Für die Beeinflussung des Ankers und des Feldes ist jeweils eine Gleichrichteranordnung nötig.

Um den verschiedensten Anforderungen genügen zu können, wurde der „Tronomat“ in mehreren Typen gebaut. Die einfachsten sind für Vorschubantriebe bestimmt. Sie haben Leistungen von 0,4 ... 0,9 kW. Die Ankerregelung erfolgt bis zu einer Nenndrehzahl von 1000 U/min. Durch Feldschwächung ist eine Drehzahl bis zu 3000 U/min erreichbar. Die Motordrehzahl kann also im Verhältnis von 3:1 über die Nenndrehzahl erhöht werden. Bei diesen beiden Typen wird einphasige Gleichrichtung angewendet. Bei höheren Leistungen geht man zur 3-, 4- oder 6phasigen Gleichrichtung über. Größere Bauarten des „Tronomat“ können baukastenartig zusammengesetzt werden, wobei von einem mit drei Thyratrons bestücktem Gerät für eine Leistung von 2,5 kW bei 220 V und einem weiteren von 4,5 kW bei 440 V Motorspannung ausgegangen wird. Die größeren Einheiten werden dann durch Verwendung eines kleinen Chassis zu Anlagen mit 4 oder 6 Röhren für Leistungen von 6 bzw. 9 kW geschaffen, was die Verwendbarkeit des Gerätes erleichtert.

Das Bedienungsteil wird je nach den Anforderungen gestaltet. Es zeigt äußerlich Drehknöpfe oder Druckknopfschalter, mit denen die Drehzahlen vorgewählt werden können. Unter den Knöpfen sind Schalter zum Einstellen der Drehrichtung des Motors angebracht. Die vorgewählten Dreh-

zahlen können aber auch mit Hilfe von Endschaltern selbsttätig geschaltet werden.

Im einzelnen erlauben diese Anlagen folgende Steuerungsvorgänge:

1. Das Anlassen des Motors in beliebiger Drehrichtung bis zu einer vorgewählten Drehzahl. Ein selbsttätig wirkender Überlastungsschutz sorgt dafür, daß der zulässige Höchststrom nicht überschritten wird.
2. Stufenlose Drehzahlregelung von praktisch Null bis zu den höchsten zulässigen Drehzahlen.
3. Das Einhalten einer großen Drehzahlkonstanz, nahezu unabhängig von der Belastung.
4. Je nach der Ausführungsart der Anlage entweder konstantes Drehmoment über den ganzen Drehzahlbereich oder konstantes Drehmoment bis zur Nenndrehzahl des Gleichstrommotors und konstante Leistung bis zur Höchst-drehzahl.
5. Die Schnellabbremmung des Motors und
6. die schnelle Änderung der Drehrichtung durch Anker-Widerstands- oder Gegenstrombremsung,
7. Automatische Programmsteuerung durch Veränderung der Drehzahl in einer vorgewählten Reihenfolge und Größe.
8. Vielfach- und Fernbedienung von Motoren, und
9. die Gleichlaufsteuerung zweier Motoren. P.A.

Verhinderung des unbeabsichtigten Anlaufes von ferngesteuerten Motoren

[Nach ASEA Journal Bd. 23 (1950) H. 12, S. 175.]

Bei ferngesteuerten Motoren besteht, besonders wenn Steuergerät und Schaltschutz weit voneinander entfernt angeordnet sind, immer die Gefahr, daß der Motor von selbst anläuft oder sich ausschalten läßt, sei es als Folge eines Isolationsfehlers oder Erdschlusses in der Steuerleitung oder bei Bedienung des Schalters durch Unbefugte.

Um dies zu verhindern, könnte man unmittelbar beim Motor einen besonderen Trennschalter vorsehen, der den Motor während des Stillstandes vom Netz zu trennen gestattet, und außerdem den Aus-Knopf in der Aus-Stellung verriegeln. Der besondere Trennschalter verursacht jedoch zusätzliche Kosten.

Bei einseitig geerdetem Steuerstromkreis legt man daher die Steuerkontakte zwischen die Phase und die Spule des Schützes. Liegt der Steuerkreis dagegen zwischen zwei Außenleitern, so wird der verriegelbare Aus-Kontakt 2polig ausgeführt. In beiden Fällen fließt ein eventueller Erdschlußstrom nicht über die Spule des Schützes. Die gleiche Ausführung wird auch dann angewendet, wenn der Steuerstromkreis über einen besonderen, einphasig geerdeten Isoliertrafo versorgt wird. Hat der Trafo dagegen einen geerdeten Mittelpunkt, wie dies gelegentlich bei Spannungen über 220 V der Fall ist, so ist er mit einem Erdschlußrelais zu versehen. Die ASEA verwendet für ihre Schalter ein Relais für eine Ansprechstromstärke von 0,2 A. We.

Blindenleitgeräte

[Nach Electronic Engineering Bd. 23 (1951) H. 1, S. 2.]

Der Gedanke, das Prinzip der Funkortung auch für Blindenleitgeräte zu verwenden, war naheliegend. Der Blinde befindet sich im allgemeinen in der gleichen Lage wie ein Schiff in dichtem Nebel oder bei Nacht. Die Radargeräte ermöglichen es dem Kapitän, mit Hilfe von elektrischen Wellen seine Umgebung pausenlos abzutasten und sich anhand des zurückkommenden „Echos“ ein Bild zu machen. Es liegt in der Natur der Sache, daß die üblichen Radiowellen sich für ein Blindengerät nicht eignen; hier kommen vielmehr Lichtwellen, Schall- oder Ultraschall-Wellen in Betracht. Im Grunde genommen wird das Leitgerät also aus einer Sendevorrichtung für derartige Wellen bestehen, die mit einem Empfangsgerät für die zurückkommenden Echos verbunden ist. Um die Richtung des Hindernisses festzustellen, ist es erforderlich, daß die ausgehenden Schallwellen mehr oder minder stark gebündelt werden. Der Blinde ist dann in der Lage, den Raum vor sich mit diesem Strahl

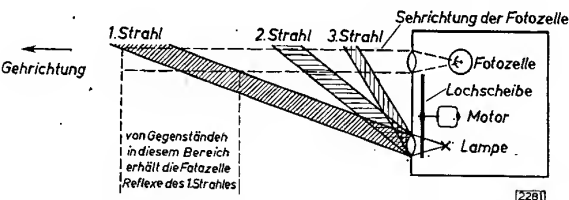


Bild 8: Schematische Darstellung des optischen Leitgerätes

abzutasten. Die Entfernung läßt sich aus der Laufzeit der Wellen abschätzen.

Die Anforderungen an ein Blindenleitgerät sind sehr vielseitig. Es muß kontinuierlich und schnell arbeiten, damit der Benutzer beliebig schnell gehen kann. Abstand und Richtung jedes Hindernisses innerhalb einiger Meter Entfernung muß eindeutig angezeigt werden. Das Gerät muß tragbar sein, d. h. es darf nicht mehr als 2 kg wiegen, um den Benutzer nicht zu behindern. Ferner soll die Einrichtung nicht die Aufmerksamkeit anderer Menschen auf sich lenken und muß daher geräuschlos arbeiten. Schließlich darf die Wirksamkeit des Gerätes durch die Verhältnisse der Umgebung, z. B. Licht oder Geräusche, nicht beeinträchtigt werden.

Es leuchtet ein, daß alle diese Bedingungen gleichzeitig nur schwer zu erfüllen sein werden. In England¹⁾ hat man sich in den letzten Jahren intensiv damit beschäftigt, die verschiedenen Konstruktionen von Blindenleitgeräten praktisch zu erproben. Die Tafel läßt erkennen, welche Ausführungsformen und Verfahren dabei angewendet wurden.

Gerät	Winkel des Strahles	Handgerät Abmessung cm	Gewicht kg	Gesamtgewicht kg	Batt.- Verbrauch W	Batt.- Lebensdauer Std.
1. Lichtwellen (Glühlampe)	10°	9x11,5x14	0,90	2,3	2,1	20
2. Lichtwellen (Bogenlampe)	20°	5x10x16,5	0,45	2	0,15	400
3. Ultraschall 150 kHz	100°	6x9x19	1,35	2,8	0,33	10
4. Ultraschall 17 kHz	200°	23x13x13	1,5	1,7	0,13	100
5. Ultraschall 55 kHz	100°	23x13x13	1,5	1,7	0,26	70
6. Ultraschall 17 kHz	weit, direkt gehört (stereophonisch)	15x13x13	0,45	3,4	0,25	100
7. Hörbare Impulse	sehr weit, direkt gehört (stereophon.)	23x6 Ø (Reflektor 13 Ø)	0,8	0,8	0,019	750

Die mit Lichtwellen arbeitenden Geräte haben folgenden Prinzip:

Eine Lichtquelle sendet Lichtimpulse aus. Diese werden in einen oder mehrere Strahlen fokussiert und so gerichtet, daß sie den voraussichtlichen Weg des Benutzers schräg schneiden (Bild 8). Das reflektierte Licht wird in einer Fotозelle aufgefangen und deren Strom, der sich ja aus Impulsen zusammensetzt, verstärkt und hörbar gemacht. Wenn ein Gegenstand in einen der drei Strahlen eintritt, so wird der Blinde im Kopfhörer im Rhythmus der reflektierten Lichtimpulse ein Klicken hören. Es ist nun möglich, die 3 Strahlen, die seinen Weg mit verschiedenem Abstand schneiden, verschieden zu modulieren, etwa in der Form, daß der am weitesten abliegende Strahl seine Impulse in größeren Abständen als die anderen aussendet und der am nächsten liegende Strahl nur sehr kurze Impulsabstände verwendet. Je nachdem, welcher Strahl das Hindernis zuerst trifft, wird also der Blinde ein wiederholtes Klicken mit größeren oder kleineren Zwischenräumen empfangen, aus denen er sehr bald aus Erfahrung die Entfernung abschätzen kann. Für die Modulation des Lichtes und für die Verstärkung des Lichtechos sind verschiedene Verfahren angewendet worden, auf die hier nicht eingegangen werden kann.

1) Experimental and Research Dept. St. Dunstan's London.

Schallwellen können natürlich nicht angewendet werden, ohne die Aufmerksamkeit der anderen Fußgänger zu erregen. Am aussichtsreichsten war eine sehr einfache Konstruktion mit hörbaren „Klick“-Impulsen. Diese wurden im Brennpunkt eines Parabolspiegels von einem elektrisch erregten Kristall ausgesendet. Der Parabolspiegel wird wie eine Taschenlampe in der Hand getragen. Die Schallimpulse werden sehr einfach durch periodisches Auf- und Entladen eines Kondensators über eine Glühlampe erzeugt. Als Empfänger dienen die Ohren des Blinden unmittelbar, was den großen Vorteil hat, daß er die Richtung des Echos äußerst genau feststellen kann. Es ist hierbei dem Umstand Rechnung getragen, daß diese Eigenschaften bei Blinden besonders vervollkommen sind. Das Gerät hat den Nachteil, daß es bei großem Verkehrslärm schließlich versagen muß. Es ist jedoch äußerst einfach.

Die verschiedenen Geräte wurden bei zahlreichen Blinden ausprobiert, und es zeigte sich hier bald, daß das zuletzt beschriebene Gerät am meisten Anklang fand. Die Versuche sind insofern äußerst interessant, als sich die Benutzung des Gerätes nur dann als vorteilhaft erwies, wenn der Weg völlig unbekannt war oder der Blinde nicht gewohnt war, allein zu gehen. Man konnte dann feststellen, daß die Geschwindigkeit, mit der er sich unter Zuhilfenahme des Gerätes fortbewegen konnte, größer war. War der Weg jedoch einmal bekannt, so brauchten die meisten Blinden das Gerät nicht mehr.

Es zeigte sich also, daß keines der Geräte bei Blinden Anklang findet. Bestenfalls kann man sie dazu verwenden, neu erblindete Personen für das Alleingehen vorzubereiten. Sehr bald hat der Blinde dann genügend Fähigkeiten entwickelt, sich ohne das Gerät fortzubewegen. Viele von ihnen richten sich bezeichnenderweise dann einfach nach dem Echo ihrer eigenen Schritte.

Sicherlich werden die Blindengeräte noch entscheidende Verbesserungen erfahren. Gerade wegen der Vielzahl der anwendbaren Möglichkeiten muß man annehmen, daß auch Lösungen gefunden werden können, die für den Blinden eine erhebliche Erleichterung darstellen.

Neue Patentanmeldungen

- Ladeautomat zur Aufladung von elektrischen Akkumulatoren.
Anmelder: Accumulatoren-Fabrik AG, Hagen/Westf. (T5 Z2)
21c, 50. A 250 Bekanntmachungstag: 8. 2. 51
- Elektrisches Weidezaengerät.
Anmelder: Schöenberg, Kesbern Kr. Iserlohn (T5 Z2)
21d2, 3/03. Sch 3245 Bekanntmachungstag: 8. 2. 51.
- Hausanschlusssicherung mit getrenntem Anschluß für das E-Werk und den Installateur.
Anmelder: Geyer, Nürnberg (T3 Z1)
21c, 70. G 2872 Bekanntmachungstag: 8. 2. 51.
- Gerät zur Erzeugung induzierter hochgespannter Stromimpulse für Elektrozaune.
Anmelder: Utina-Elektrowerk GmbH, Eutin (Holstein) (T10 Z1)
21d3, 3/03. U 219 Bekanntmachungstag: 8. 2. 51.
- Prüfvorrichtung für Anlasser, insbesondere von Kraftfahrzeugen.
Anmelder: Schlichthaber, Hamburg-Wandsbeck (T4 Z1)
42k, 24. Sch 1688 Bekanntmachungstag: 8. 2. 51.
- Flüssigkeitsschmelzsicherung.
Anmelder: Streng, Fürth/Bay (T7 Z1)
21c, 70. p 7715 D Bekanntmachungstag: 15. 2. 51.
- Feinsicherung mit Unterbrechungsmelder.
Anmelder: Wickmann-Werke AG, Witten-Annen (T1 Z1)
21c, 70. W 4404 Bekanntmachungstag: 15. 2. 51.
- Empfindliches Relais auf der Grundlage der magnetischen Verstärker.
Anmelder: Gebr. Ruhstrat, Göttingen (T2 Z—)
21g, 4/05. R 1779 Bekanntmachungstag: 22. 2. 51.
- Temperaturüberwachungseinrichtung für elektrische Heizgeräte.
Anmelder: Echner, Stuttgart (T5 Z1)
21h, 13/10. E 797 Bekanntmachungstag: 1. 3. 51.
- Lichtelektrische Schranke verhältnismäßig großer Fläche ohne optische Lücke.
Anmelder: Sick, Vaterstetten bei München (T8 Z1)
74a, 21/11. S 3159 Bekanntmachungstag: 1. 3. 51.
- Elektrische Alarmanlage zur Anzeige von unzulässig hohen Temperaturen in Stapeln von Heu, Stroh u. dergl.
Anmelder: Springer, Willensharen/Holst (T8 Z1)
74a, 30. S 37 Bekanntmachungstag: 1. 3. 51.
- Vorrichtung zur Vorwärmung von Drähten bei der Herstellung von Lackdrähten.
Anmelder: Siemens-Schuckert-Werke, Berlin u. Erlangen (T3 Z1)
21c, 7/02. p 605 B Bekanntmachungstag: 8. 3. 51.
- Klemme zur Verbindung von Aluminium- und Kupferleitern.
Anmelder: Hofmann KG, Radebeul bei Dresden (T7 Z1)
21c, 21/01. H 4734 Bekanntmachungstag: 8. 3. 51
- Verfahren zum Verbinden feinsten Drähte mit dickeren Teilen.
Anmelder: Licentia Patent-Verwaltung-GmbH, Hamburg (T5 Z1)
21g, 13/06. S 444 Bekanntmachungstag: 8. 3. 51.

WIRTSCHAFTS-NACHRICHTEN

Elektrizitätsversorgung Australiens

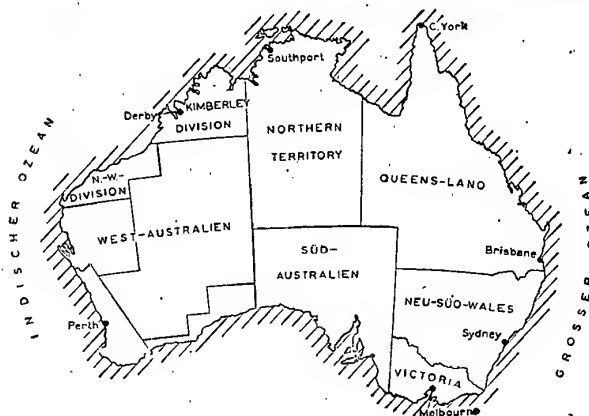


Bild 1: Übersichtskarte von Australien

Die meisten Europäer können sich von Australien keine rechte Vorstellung machen. Dieser Kontinent bietet landschaftlich, botanisch, zoologisch und geografisch viele Sehenswürdigkeiten. Eine aufblühende Fremdenindustrie trägt dem Rechnung. Unter den Besuchern befinden sich viele Wirtschaftler und Techniker, denen die stürmische Entwicklung des fünften Erdteils interessant ist.

Auch Australien hat bereits den Schritt vom Landwirtschafts- zum Industriestaat getan und man kann seine Entwicklung am ehesten mit der amerikanischen vergleichen, abgesehen von den anders gelagerten politischen Verhältnissen. Von den 6 Staaten des Landes mit etwa 8 Mio Menschen sind Victoria und Neu-Südwesten die wichtigsten (Bild 1); besonders in Victoria mit der Landeshauptstadt Melbourne (1,3 Mio Einw.) verdichtete sich das wirtschaftliche Leben des Landes zu einem Schwerpunkt. Victoria hat 2,2, Neu-Südwesten rd. 3,2 Mio Einwohner.

Auch hier hat in den vergangenen Jahren die Elektrizitätsversorgung mit den Ansprüchen nicht ganz Schritt halten können. Genau wie in Europa und den USA ist es notwendig, die Stromversorgung vorausblickend zu steigern. In Victoria steuert die *State Electricity Commission (SEC)* die Versorgung und betreut die 523 500 Verbraucher, darunter 15 741 landwirtschaftliche Betriebe, die weit verstreut liegen und sich im letzten Jahr um 8,4% vermehrten. Der Strom wurde zu 90% in Dampfkraftwerken aus Braunkohle gewonnen, zu 10% aus Wasserkraft. Beide Möglichkeiten sollen stark erweitert werden.

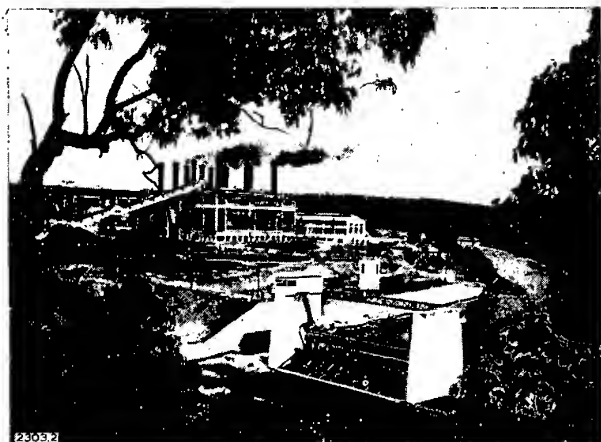


Bild 2: Kraftwerk Yallourn am Latrobe River, im Vordergrund das Wehr und der Platz für den geplanten Ausbau C des Kraftwerkes

Nahe Melbourne, in Morwell und Yallourn, gibt es riesige Braunkohlenlager, die nach deutschen Verfahren und zum guten Teil mit deutschen Maschinen ausgebeutet werden. Die Förderung soll von 6,4 Mio t (1950) in den nächsten 6 Jahren auf 15 Mio t gesteigert werden. Für vier große Brikettfabriken in Morwell sind die Maschinen und Gebäude in Deutschland bestellt; sie werden je 650 000 t Brikett jährlich herstellen. In Yallourn, wo schon seit 25 Jahren eine Brikettfabrik arbeitet, liegt das größte Kraftwerk des Landes, das augenblicklich für 175 000 kW ausgebaut ist, aber auf 331 000 kW, später sogar 500 000 kW erweitert werden wird (Bild 2). Zur Zeit sind zwei neue Generatoren mit je 100 000 kW und je einem eigenen Kesselhaus von 6 Kesseln (42 at) vorgesehen; sie sollen 1954 in Betrieb sein, ferner 1956 eine zweite Erweiterung um 100 000 kW. Außerdem wird zu der bestehenden 132 kV-Leitung nach Melbourne noch eine Doppelleitung 220 kV gebaut und diese wird wieder mit einer neuen 220 kV-Leitung vom 245 km entfernten Wasserkraftwerk Kiewa verbunden werden.

Die Gesellschaft „Kiewa Hydroelectric Scheme“ wird die Ausnutzung des Flusses Kiewa auf insgesamt 12 Kraftwerke mit mehreren Speichern, langen Zulaufkanälen und -stollen erweitern. Die Werke werden dann mit einer Leistung von

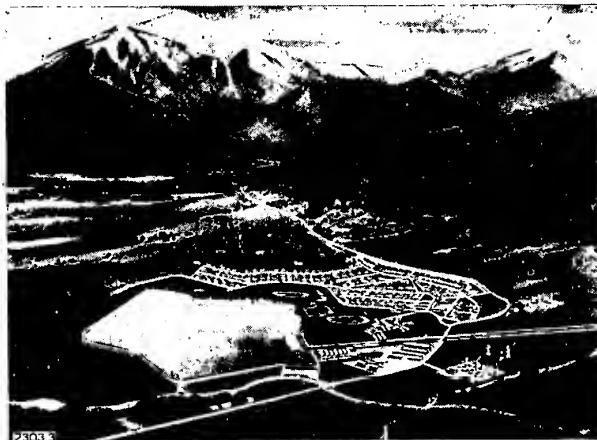


Bild 3: Stadt und Lager Mount Beauty, mit Wasserlauf des Kiewa, im Hintergrund Mount Beauty, im Vordergrund die 220 kV-Freileitungstation

289 000 kW im Mittel jährlich 1000 GWh¹⁾ liefern können. Die einzelnen Werkskomplexe werden Einzelleistungen zwischen 13 000 und 98 000 kW haben, zwei von ihnen sind im Bau. Bei diesen Arbeiten im unberührten Gebirge sind noch viele schwierige Ingenieuraufgaben zu bewältigen; eine Reihe neuer Mustersiedlungen für die Arbeiter sind bereits entstanden, darunter die neue Stadt Mount Beauty (Bild 3). Das größte Staubecken mit 284 000 m³ liegt im Pretty-Valley-Tal auf 1680 m Höhe.

Mit den Neuanlagen wird man künftig in Victoria Strom-einschränkungen vermeiden können, die bisher in den Wintermonaten Juli und August unvermeidbar waren, aber nur die Schaufensterbeleuchtung und die Raumheizung einschränkten. Dank guter Disziplin der Abnehmer genügen diese Maßnahmen. Da in Australien die Zähler nicht in den Häusern, sondern außerhalb leicht zugänglich angebracht sind, ist allerdings die Überwachung der Anlagen für die Werksbeamten sehr erleichtert. Die Strompreise haben sich seit 1940 um nur 10% erhöht, liegen also für den Abnehmer günstig.

H. Winkler.

1) 1 GWh = 1 Giga-Wattstunde = 10⁹ Wh = 1 Mio kWh.

Neuzeitliche Entwicklung
der holländischen Elektrizitätsversorgung

[Nach C. van Stavern, Elektrizitätsverwert. Bd. 25 (1950) H. 1—2, S. 10.]

Die Elektrizitätsversorgung in Holland liegt ausschließlich in den Händen von Provinzen und Gemeinden. Abgesehen von den mittelgroßen Kraftwerken in Haarlem, Tilburg und Vlissingen, decken im wesentlichen 10 Kraftwerke den Bedarf Hollands an elektrischer Energie. Dieser Zustand hat sich im Laufe der Jahre herauskristallisiert, da zu den in Holland üblichen 10 kV-Kabelnetzen, bei den Neubauten von Kraftwerken Netze höherer Spannung, wie z. B. 25, 50 und 60 kV, errichtet worden sind, deren Ausläufer zum Teil ohne größere Kosten verbunden werden konnten.

Bereits im Jahre 1933 war eine 110 kV-Freileitung vom Kraftwerk Geertruidenberg nach Eindhoven und 1935 in der Provinz Limburg die erste 150 kV-Leitung erbaut worden. 1938 folgte eine weitere 150 kV-Leitung als Kabelverbindung zwischen Rotterdam und Den Haag. Anfang des Krieges (1940) wurde die 110 kV-Speiseleitung Zwolle-Deventer in Betrieb genommen. Als Speisernetzverbindungen verdienen die 50 kV-Kupplungen zwischen Provinz Gelderland und Utrecht, sowie zwischen Gelderland und Brabant, Erwähnung. In Bild 4 ist das Speisernetz zu Beginn des Krieges dargestellt. Im Norden sind die Kraftwerke Leeuwarden und Groningen durch eine 60 kV-Leitung verbunden. Ein 50 kV-Kabelring, der seit 1930 besteht, ist zwischen Amsterdam-Haarlem-Velsen-Amsterdam vorhanden. Es bestanden also schon Anfang des Krieges Möglichkeiten, wenn auch in bescheidenem Maße, Energie von Kraftwerk zu Kraftwerk auszutauschen, die Leistungsfähigkeit der Verbindungen war jedoch auf etwa 20 bis 25 MW begrenzt.

Gegen die Errichtung eines kräftigen Verbundnetzes sprachen zunächst folgende Tatsachen:

- a) durch die oben geschilderte Zusammenfassung (je Provinz meist nur ein Kraftwerk) der Erzeugung, sind die Kosten hierfür auf ein Minimum gesunken
- b) diese Erzeugungskosten sind in Holland in allen Provinzen fast gleich, da die Kohlenpreise (Schifftransport) überall die gleichen sind, und an allen Stellen Kühlwasser in genügender Menge vorhanden ist
- c) durch weitere Zusammenziehung der Erzeugung könnten

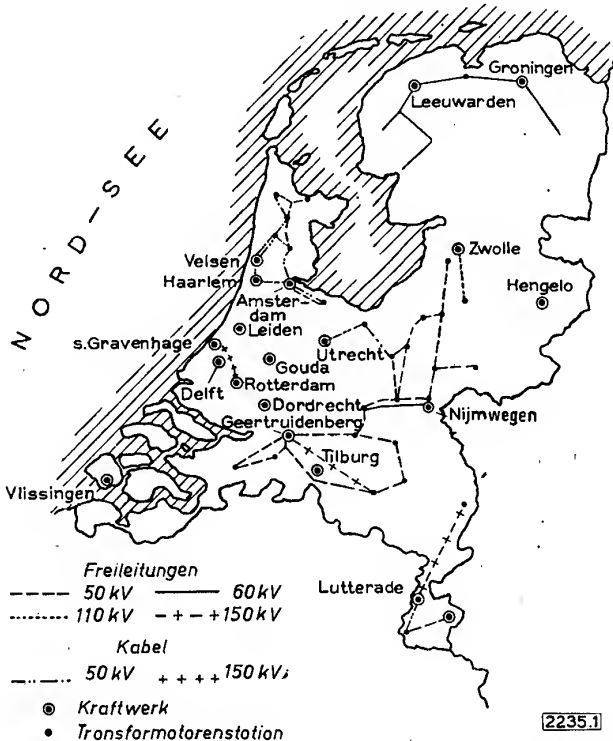


Bild 4: Speisernetz zu Beginn des Krieges



Bild 5: Verbundnetz im Januar 1950

- die erzielten Ersparnisse durch die steigenden Verteilungskosten in Frage gestellt werden
- d) weil man der Meinung war, daß man auch in organisatorischer Hinsicht zu einem Energieerzeugungs- und Verteilungssystem gelangt war, das allen Ansprüchen genügt und einer Erweiterung nicht mehr bedürfe.

Für die Errichtung eines kräftigen Verbundnetzes, sprachen folgende Gründe:

- a) Erhöhung der Betriebssicherheit.
- b) Einsparung von Reservemaschinen.

Die Einsparung von Reservemaschinen wirkt sich bei zu erwartenden Belastungssteigerungen besonders günstig aus.

Durch den Krieg beeinflusst, wurden diese Gründe so schwerwiegend, daß man sich schließlich doch entschloß, in Holland den Verbundbetrieb einzuführen. 1948 konnte das Projekt in die Tat umgesetzt werden.

Auf der Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE) 1939 wurden objektive Richtlinien über die Ermittlung der Größe des Reservefaktors von Dampfkraftwerken veröffentlicht. Wenn feststeht, welchen Wert man für die Störungswahrscheinlichkeit von Kessel- und Dampfturbinen annehmen darf, ist mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung der Reservefaktor berechenbar. Für Holland wurde angenommen, daß die Störungswahrscheinlichkeit eines Kessels auf 8% und die einer Dampfturbine auf 5% angesetzt werden darf. Für holländische Dampfkraftwerke ergibt sich ein Risiko, die Maximallast nicht decken zu können, von 3:1000.

Der Reservefaktor läßt sich nun an Hand dieser Daten unter der Voraussetzung, daß der Unterhalt in verschiedenen Kraftwerken immer gleichmäßig gut ist, und daß man mit möglichst gleich großen Maschineneinheiten rechnet, ohne Schwierigkeiten, für jedes Kraftwerk oder auch für jede Kombination von Kraftwerken, bestimmen. Die Rechnung ergibt folgende Werte:

Benötigte Anzahl von Maschinen zur Deckung der maximalen Belastung:	2	4	8	12	16	20	24	28
Reservefaktor:	1,90	1,55	1,37	1,30	1,27	1,25	1,23	1,21

Diese Werte können durch eine Kurve, die den Verlauf des Reservefaktors angibt, anschaulich dargestellt werden. Man erkennt, daß der Reservefaktor mit zunehmender Maschinenzahl stark abnimmt.

Für den Betrieb des Verbundnetzes werden folgende Grundsätze festgelegt:

- Ein jeder der zehn Teilnehmer erzeugt die in seinem Versorgungsgebiet benötigte Energie in eigenen Kraftwerken.
- Jeder Teilnehmer verpflichtet sich, gegen eine Entschädigung in Störungsfällen Leistung, die er nicht selbst benötigt, zur Verfügung zu stellen.
- Jeder Teilnehmer verpflichtet sich, wenigstens seiner Höchstlast entsprechende Kessel-Maschinenleistung zu installieren. Die benötigte Leistung wird auf Grund der Wahrscheinlichkeitsrechnung und der wirklich montierten Kessel und Maschinen jedes Teilnehmers berechnet.
- Ein Teilnehmer kann gegen Bezahlung einer Summe von den unter c) genannten Verpflichtungen befreit werden. Diese Entschädigungen kommen den Teilnehmern mit einem Überschuß der installierten Leistung zugute. Jedem Teilnehmer steht frei, eine größere Leistung als benötigt zu installieren, er benötigt jedoch dazu wegen des Elektrizitätsgesetzes eine staatliche Genehmigung.
- Jeder Teilnehmer hat das Recht, seine Überschuß-Leistung (Leistung, die über den für eigenen Betrieb benötigten zuzüglich der reduzierten Reserve liegt) zu verkaufen. Die gekaufte Leistung gilt als Leistung des Käufers.
- Verbindungsleitungen werden gemeinsames Eigentum und von jedem der beiden Teilnehmer zur Hälfte bezahlt.
- Die Transformatorstationen auf dem Gebiet eines Teilnehmers sind Eigentum des Teilnehmers und gehen zu dessen Lasten. Die Leistung muß auch für die Reserve ausreichend sein.
- Speiseleitungen (die einen Teil des Verbundnetzes bilden), sollen wenigstens als Doppelleitungen gebaut sein. Für Verteilungszwecke dürfen sie nur derart belastet werden, daß wenigstens die Transportleistung einer Einzeileitung für den Energieaustausch zwischen den Teilnehmern zur Verfügung steht.
- Jedes Werk ist verpflichtet, den Energietransport über seinen Teil des Verbundnetzes zu gestatten. Die entstehenden Sonderverluste werden bezahlt.

Auf Grund dieser Bestimmungen wurde im November 1948 beschlossen, eine Aktiengesellschaft, die *N. V. Samenwerkende Electriciteits-Productiebedrijven (N. V. SEP)*, zur Förderung der Zusammenarbeit zu gründen.

Die Lage des Verbundnetzes im Januar 1950 ist aus Bild 5 zu ersehen. Nach seiner Vervollendung wird es aus einem südwestlichen Teil für 150 kV und aus einem nordöstlichen Teil für 110 kV bestehen. Diese beiden Teile sollen durch eine 150 kV-Leitung Nijmegen—Apeldoorn—Deventer verbunden werden, wodurch sämtliche großen Kraftwerke gekuppelt werden. Über 50 oder 25 kV sind auch die mittelgroßen Kraftwerke hierdurch erfaßt. Sämtliche Verbindungen des Verbundnetzes sind als Doppel-Freileitungen ausgebildet. (Ausnahme: 150 kV-Kabelverbindung Haag—Rotterdam mit vier Einphasen-Kabeln). Für 150 kV wurde ein Kupferquerschnitt von $2 \times 3 \times 150 \text{ mm}^2$, und für 110 kV einer von $2 \times 3 \times 95 \text{ mm}^2$, vorgesehen. In vielen Städten wurden die Transformatorstationen über Kabel angeschlossen (6 Einleiterkabel 150 kV, Cu 240 mm²). Beide Netzteile, sowohl der 150 kV-Ring als auch der 110 kV-Ring sind über Petersenspulen geerdet.

In Lutterade ist eine 220 kV-Verbindung mit Belgien und mit dem RWE vorhanden. Hierüber konnte Nachtenergie aus Holland über 220 kV-RWE (nach Tiengen) und über 110 kV-Badenwerk an die Schweiz geliefert werden. Ad.

Weiterer Ausbau der Berliner Elektroindustrie

Es scheint so, als ob der im Jahre 1950 festzustellende Aufstieg der Berliner Elektroindustrie anhalten werde. So teilt Siemens & Halske mit, daß auf Grund der allgemeinen Geschäftsbelebung, und zwar vor allem im Auslandgeschäft, in der letzten Zeit etwa 1000 neue Arbeitskräfte eingestellt wurden. Für die nächsten Monate sind weitere Neueinstellungen vorgesehen worden.

Die Berliner Philips-Fabrik konnte in wenigen Monaten ihre Belegschaft um 20% erhöhen. Sie begann zu Beginn dieses Jahres mit der Fertigung eines der billigsten

deutschen Superhets, der „Philetta 51“. Zugunsten des Berliner Betriebes wurde ein Parallelbetrieb in Hamburg stillgelegt. Zur Erhöhung der Leistung wurde ferner ein zweites Band in Betrieb genommen.

Auch Telefunken hat die Zahl der Belegschaftsangehörigen in den letzten Monaten um rund 20% erhöht. Gegenüber dem Stand vom Juli 1950 sind fast 600 Menschen neu eingestellt worden. Die Firma plant, ihre Berliner Werkstätten mit den modernsten Maschinen auszurüsten und die Rationalisierung voran zu treiben. Vor allem ist daran gedacht, das Röhrenwerk zu modernisieren. Es wurden auch bereits neue Räume gemietet, um weitere Fertigungen aus dem Westen nach Berlin zu verlagern.

Während die Gesamtleistung der Berliner Elektro-Industrie 1950 erst 40% der Leistung von 1936 erreicht hatte, konnte die Fertigung des Röhrenwerkes von Telefunken gegenüber 1936 bereits 80% erreichen. Die Gesamtbelegschaft dieses Werkes beläuft sich auf rund 2400 Betriebsangehörige. 70% davon sind weibliche Arbeitskräfte. Das zweite Röhrenwerk von Telefunken in Ulm beschäftigt dagegen nur rund 1300 Menschen. Von der Gesamtrohrfertigung entfallen rund 65% auf den Berliner Betrieb. Das Werk in Ulm wurde während des Krieges durch Verlagerung von Berliner Betriebseinrichtungen aufgebaut.

Es darf hier noch daran erinnert werden, daß die Herstellung der Elektronenröhren im Gesetz Nr. 24 geregelt wurde, wobei gewisse Beschränkungen noch bestehen. Immerhin ist heute anzuerkennen, daß alle Beteiligten sich bemühen, eine möglichst geringe Schädigung der deutschen Fertigung entstehen zu lassen.

Man darf annehmen, daß durch die Mittel der dritten ERP-Rate eine weitere Aufwärtsentwicklung der Berliner Elektroindustrie möglich werden wird. W. M.

Silber, ein neuer Weltmangelrohstoff

In der internationalen Silber-Rohstoffwirtschaft ist seit Herbst 1950 ein allgemeiner und unerwarteter Umschwung eingetreten. Nach einer längeren Zeitspanne des fast ununterbrochenen Verfalls sind die Preise um über ein Fünftel gestiegen. Das „weiße“ Metall gehört jetzt zur Gruppe der ausgesprochenen Mangelrohstoffe, nachdem es sich beinahe ständig seit Kriegsende durch einen starken Erzeugerüberschuß von fast allen anderen Edel- und Nichteisenmetallen unterschied.

Wie Erinnerung, bestand in den Frühjahrs- und Sommermonaten des vergangenen Jahres die akute Gefahr eines neuen, völligen Zusammenbruchs wie in den dreißiger Jahren. Der Ausbruch einer Krise als Folge der übermäßigen Vorratsbildung wurde in dieser Zeit nur durch die weitgehende Marktstützung einiger Silberländer, besonders Mexikos verhindert. Die technisch-statistische Position dieses Edelmetalls, das in der gesamten Elektrotechnik als Roh- und Werkstoff eine große Rolle spielt, wurde erheblich von der anhaltenden Steigerung der direkten und indirekten Gewinnung beeinflusst, der in den Jahren 1946... 49 nur ein geringerer Weltbedarf gegenüberstand. Da auch im Gegensatz zu früheren Zeitabschnitten das Interesse der internationalen Spekulation erheblich nachgelassen hatte, und die Bedeutung von Silber als Münz- und Währungsmetall in den letzten Jahren weiter erheblich zurückgegangen ist, hatte sich in den letzten Jahren der Gegensatz zwischen Erzeugung und Verbrauch erheblich verschärft.

Ein weiterer und wichtiger Faktor ist die zunehmende Umstellung der internationalen Münzwirtschaft von Silber auf andere Metalle oder Legierungen mit nur geringem Silbergehalt. In den Jahren 1948... 50 sind in vielen Ländern, vor allem in Spanien, Mexiko, Kuba und Jugoslawien beträchtliche Mengen von silbernen Münzen aus dem Verkehr gezogen, umgearbeitet, geschieden und dann als Feinsilber am Weltmarkt angeboten worden. Hierdurch hatte das an sich schon reichliche Angebot bis etwa zur Mitte vorigen Jahres eine ziemlich regelmäßige und beträchtliche Ergänzung erfahren, das vom Weltmarkt nur durch Rückkäufe von

Mexiko und anderen Staaten ohne einen starken Druck auf die Preisgrundlage aufgenommen wurde.

Das war die Weltlage bis ungefähr August 1950. In internationalen Fach- und Wirtschaftskreisen bestand über die Möglichkeiten eines neuen Preisverfalls in Bewertung aller bisher in dieser Betrachtung erwähnten Momente völlige Klarheit. Die eindeutige und straffe Silbergesetzgebung, nach der in den Vereinigten Staaten das gesamte im heimischen Erzbergbau erzeugte Silber zu weit über der Weltparität liegenden Preisen regelmäßig vom Schatzamt aufgekauft werden muß, stellt eine der wesentlichen Stützen nicht allein des amerikanischen, sondern indirekt des gesamten Weltmarktes dar. Die damit verbundene, ständige Zunahme der staatlichen Silberreserven kommt weltmarktmäßig nicht zur Auswirkung, da diese Bestände gewissermaßen „sterilisiert“ sind. Im weiteren Verlauf des vergangenen Jahres wurden dann die sonst erheblichen Verkäufe von „entmünztem“ Silber stark verringert oder sogar zeitweise eingestellt. Unter dem Einfluß dieser Entwicklung zogen die Preise dann zuerst im Oktober an, um sich später infolge der völlig veränderten Lage weiter zu befestigen. Sie haben jetzt mit 90,16 Dollarcent und 78½ Pence die Unze (31,1 g) feinen Silber einen seit vielen Jahren nicht mehr festgestellten Rekordhochstand erreicht. Der amtliche Übernahmepreis des amerikanischen Schatzamtes beträgt 90,50 Cents. Der Unterschied zwischen diesem und den freien Kursen hat sich sehr verringert.

Der hier geschilderte Umschwung ist, abgesehen von der Einstellung oder Verminderung des Angebots von umgearbeitetem und veredeltem Münzsilber, hauptsächlich auf die beträchtliche Ausdehnung des industriellen und gewerblichen Verbrauches in Amerika, Asien und Europa und die merkliche Wiederbelebung des spekulativen Interesses für das „weiße“ Metall zurückzuführen. Im letzten Falle handelt es sich um Transaktionen als Kapitalanlagen, Hortungen und Käufe zum Schutz gegen eine weitere Entwertung der Währungen und andere Risiken.

Die Geschäftsbelebung, die seit etwa Mitte 1950 eingetreten ist, und nur sekundär von dem allgemeinen Rohstoffieber und der aktuellen Rohstoffversorgungskrise seit Korea beeinflusst wurde, läßt sich aber noch nicht mit den Verhältnissen vergleichen, die schon seit vielen Monaten bei Zinn, Zink und Kupfer herrschen.

Nach den neuesten amerikanisch-britischen Berechnungen betrug die Feinsilberweltgewinnung aus Silbererzen 1950 fast 4 470 t, wovon auf die westliche Erdhälfte etwa 3 820 t entfallen. Der Verbrauch der Vereinigten Staaten, Kanadas, Großbritanniens und Westdeutschlands betrug insgesamt im gleichen Zeitabschnitt beinahe 4 180 t. Im einzelnen entfallen auf USA 3 405 t, Großbritannien 350 t, Westdeutschland fast 283 t und Kanada über 142 t. Rein rechnerisch ergab die vorjährige Versorgungsbilanz für die westliche Erdhälfte also einen erheblichen Fehlbetrag, der aber bei weitem durch das Angebot von Feinsilber aus der Umarbeitung und Veredelung von Münzsilber gedeckt wurde. Aus diesen Quellen allein sind nach den Vereinigten Staaten 1950 über 960 t verkauft worden. Diese Menge genügt an sich, um das Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage wiederherzustellen, ohne die sonst vorhandenen, amtlichen und privaten Bestände wesentlich einzusetzen.

Für die Gesamtlage sind aber noch andere Faktoren zu berücksichtigen. Hierzu gehört in erster Linie die Nebengewinnung bei der Verhüttung von Gold, Platinmetallen, Blei, Kupfer und anderen Metallen. Diese Produktion dürfte im Zuge der Ausdehnung des Bergbaus und der Hüttenindustrie dieser Rohstoffe 1951/52 erheblich zunehmen.

Eine zweite Quelle ist die Sammlung und Rückgewinnung von Alt- und Abfallstoffen, die bei der Be- und Verarbeitung von Silber, auch in der Elektrotechnik, entfallen; und die sich mit der Ausdehnung des industriellen und handwerklichen Verbrauchs ebenfalls steigern. Rechnet man schließlich die sehr erheblichen Bestände hinzu, so müßte sich selbst bei einer wesentlichen Vergrößerung des Rüstungsbedarfs ein baldiges Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Ver-

brauch wieder einstellen, besonders, wenn sich der Zufluß von entmünztem Silber weiter fortsetzt.

Trotzdem vertreten maßgebende amerikanische und britische Kreise den Standpunkt, daß sich Silber am Beginn eines neuen Entwicklungsabschnitts befindet, der sich durch eine zunehmende Unterversorgung auszeichnet. Eine straffe Bewirtschaftung scheine ferner unvermeidlich, weil Silber im Rahmen der neuen Rohstoffzuteilung und -verteilung als Ersatzmetall für eine Reihe jetzt besonders teurer und sehr knapper Rohstoffe verwendet werden wird und zu den sogenannten strategisch wichtigen Rohstoffen gehört, die in der ganzen Welt für militärische Zwecke aufgestockt werden.

Die Einschränkung der Verwendung dieses Edelmetalls für die Herstellung rein ziviler Industriegüter würde im Zuge einer solchen Entwicklung nach dem Muster der Lenkung für andere Rohstoffe (Nickel, Zink, Kupfer, Aluminium, Zinn usw.) eine weitere Folge sein. Beim Silberbedarf der Elektroindustrie und ihren Nebenzweigen kommt es entscheidend darauf an, in wie weit diese im Spiegel der Wiederaufrüstung und der Bevorzugung der Exportwirtschaft bei der Rohstoffzuteilung ganz oder teilweise als vordringlich anerkannt wird.

R. Br o h, London.

Wer trägt das Risiko von Diebstählen auf Baustellen?

Da zur Zeit die Gefahr von Diebstählen auf den Baustellen, insbesondere an Installationsmaterial, sehr groß ist, ist die Beantwortung der Frage von Interesse, wem das Risiko zur Last fällt. Nach § 644 BGB trägt der Unternehmer die Gefahr bis zur Abnahme des Werkes. Es steht in seinem freien Ermessen, diese Gefahr durch Abschluß einer Versicherung auszuschalten.

Ist dem Bauvertrag die Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB) zugrunde gelegt worden, so hat der Unternehmer nach B § 10 Ziff. 2 VOB die Verpflichtung, die von ihm ausgeführte Leistung und die ihm für die Ausführung übergebenen Gegenstände bis zur Abnahme vor Beschädigung und Diebstahl zu schützen. Unter den heutigen Verhältnissen wird daher beispielsweise ein Installateur das Risiko des Diebstahls der Installationen bis zur Abnahme kaum anders als durch Abschluß einer Versicherung ausschalten können.

Die Abnahmepflicht des Bestellers ist nach dem BGB wie folgt geregelt:

Der Besteller ist verpflichtet, das vertragsmäßig hergestellte Werk abzunehmen (§ 640). Liegt ein vertragsmäßiges Werk nicht oder noch nicht vor, so kann der Besteller die Abnahme verweigern, und zwar gleichviel, ob der Mangel erheblich ist oder nicht. Die Mängel dürfen jedoch nicht so geringfügig sein, daß die Weigerung der Abnahme gegen Treu und Glauben verstößt oder sich als Schikane darstellt. Sind die Voraussetzungen für die Abnahme gegeben und verweigert der Besteller trotzdem die Abnahme zu dem ihm vom Unternehmer gesetzten Termin, so kommt der Besteller in Annahmeverzug. Mit dem Annahmeverzug geht insbesondere die Gefahr des Diebstahls auf den Besteller über.

Wenn die VOB für die rechtlichen Beziehungen unter den Vertragsschließenden maßgebend sein soll, so richtet sich die Abnahmeverpflichtung des Bauherrn nach B § 12. Danach hat der Bauherr die Leistung abzunehmen, sobald der Unternehmer dies nach Fertigstellung verlangt, unter Umständen auch vor Ablauf der festgesetzten Ausführungsfrist. Eine in sich abgeschlossene Teilleistung ist auf Antrag besonders abzunehmen, ebenso auch Teile einer Leistung, die durch weitere Ausführung der Prüfung und Feststellung entzogen werden. Damit wird bei Zugrundelegung der VOB den Belangen des Unternehmers weitgehend Rechnung getragen, zumal der Bauherr die Abnahme nur dann verweigern kann, wenn wesentliche Mängel vorliegen und auch dann nur bis zu deren Beseitigung.

Wird keine Abnahme verlangt, so gilt nach B § 12 Ziff. 5 die Leistung als abgenommen mit Ablauf von 10 Werktagen nach schriftlicher Mitteilung über die Beendigung der Leistung.

Dr. E. Cordes.

Schwimmendes Wärmekraftwerk

Nachdem die südlichen Provinzen Spaniens besonders hart von der Trockenheit der letzten Jahre und den daraus sich ergebenden Stromsperrern betroffen worden sind, erhielt das Nationalinstitut für Industrie die Aufgabe, die Stromerzeugung Südspaniens durch Wanderkraftwerke zu unterstützen, um die durch den akuten Energiemangel auftretende Gefahr der Lahmlegung von Landwirtschafts- und Industriebetrieben zu bannen. Erschwerend ist die Tatsache, daß infolge fehlender Verbindungsleitungen die in Sevilla konzentrierte Wärmekraftreserve nicht nach anderen Zonen Südspaniens geleitet werden kann.

In kurzer Zeit nahmen drei Wanderkraftwerke in Almeria die Stromerzeugung auf. Es wurde alsdann der Gedanke aufgegriffen, in Málaga eine schwimmende Wärmekraftzentrale in Betrieb zu nehmen. Danach wurden im April 1950 Besprechungen mit den Reedern des Tankschiffes „Los Hermanos“ begonnen. Schon am 8. Juni des gleichen Jahres konnte der Tanker die Energielieferung im Hafen von Málaga aufnehmen.

Der Tanker „Los Hermanos“ ist ein 1945 in USA gebautes 16000 t-Schiff mit elektrischem Antrieb. Für den Kraftwerksbetrieb wurde die Schiffsschraube abmontiert. Im wesentlichen besteht dieses Kraftwerk aus 2 Dampfkesseln der „Combustion Engineering“, die einen Turbogenerator der „General Electric“ mit Dampf von 30 atü versorgen. Die Generatorspannung liegt zwischen 1900 und 2300 V entsprechend einer Frequenz zwischen 50 und 60 Hz. Die maximale Generatorleistung bei 50 Hz beträgt etwa 4100 kW. Zwei 500 kVA-Turbogeneratoren übernehmen den Eigenbedarf des schwimmenden Kraftwerkes.

Diese nach modernsten amerikanischen Gesichtspunkten gebaute Zentrale arbeitet mit großer Gleichmäßigkeit auf das 50 Hz-Netz der Elektrizitätsgesellschaft „El Chorro“, wobei die Generatorspannung in einer auf dem Festland errichteten Umspannstelle auf 25 kV umgespannt wird. Als Verbindungsleitung zwischen Kraftwerk und Transformatorstation dienen je Phase 12 Kupferseile mit je 50 mm² Querschnitt. Sie leiten täglich rund 100 MWh in das Netz der „El Chorro“-Gesellschaft über. Die Bedeutung dieser zusätzlichen elektrischen Arbeit geht aus dem Vergleich mit der ortsfesten Stromerzeugung des Elektrizitätswerkes „El Chorro“ hervor, wonach die durch das neue Kraftwerk gewonnene Energieabgabe Ende Juli 116% der Stromerzeugung von „El Chorro“ im gleichen Zeitabschnitt erreichte.

P. Leuthold Lecuona.

Kurz berichtet

Die C. Lorenz AG. erhielt aus den USA einen Auftrag auf Miniaturröhren im Werte von über 700 000 DM.

Für das olympische Schwimmstadion in Helsinki hat die Firma Telefunken eine vollständige Lautsprecheranlage mit Mikrofon, Rundfunkempfänger, Magnetophon, Plattenspieler, drei Verstärkern, Tonsäulen usw. gespendet.

Der 100. Polizeifunkwagen wurde kürzlich der Berliner Polizei von Telefunken übergeben. Die Wagen sind mit FM-UKW-Funksprechanlagen ausgerüstet. Die Polizei Westberlins verfügt gegenwärtig über das größte Polizei-FM-UKW-Funksprechnet der europäischen Großstädte.

Die „Berliner Fernsehgesellschaft“ wurde im März unter Mitwirkung namhafter Wissenschaftler und Publizisten in Berlin gegründet. Durch Zusammenarbeit mit allen Stellen, die für die Errichtung eines Berliner Fernsehsenders eintreten, will sie das Fernsehen in theoretischer und praktischer Hinsicht fördern.

Für den Beginn des Fernsehens rechnet die deutsche Rundfunkindustrie mit einem Bedarf von etwa 10 000 Fernsehempfängern. In einem Siebenjahresplan soll dann die weitere Fertigung in Übereinstimmung mit der Kaufkraft und der Nachfrage geregelt werden.

Ein Fernsehsender auf dem Brocken ist in der sowjetischen Besatzungszone geplant. Auf der diesjährigen Leipziger Frühjahrsmesse wurden u. a. auch deutsche Fernsehempfänger ausgestellt, die stehende im 625 Zeilen-Verfahren erzeugte Bilder boten.

Die Philips Valvo Werke GmbH. wurden am 1. Mai 1951 in „Deutsche Philips GmbH.“ umbenannt.

Die „Elektro Spezial GmbH.“, eine Verkaufsgesellschaft der Deutschen Philips GmbH., wurde in Hamburg mit einem Kapital von 500 000 DM gegründet. Geschäftsführer ist Dipl.-Kfm. Dr. Heinz Förster.

Auf der geplanten Fernsehstrecke Hamburg-Hannover-Köln sollen 11 oder 12 Relaisstrecken errichtet werden. Auf die Anschlußstrecke Köln-Frankfurt würden noch zwei weitere Relaisstrecken entfallen. Die verwendeten Wellenlängen werden wahrscheinlich zwischen 10 und 20 cm liegen.

Rund 2,4 Mio Rundfunkempfänger wurden in der Bundesrepublik und in Westberlin 1950 hergestellt. Fertigung und Absatz wurden gegenüber 1949 verdoppelt.

Wenn man die veralteten deutschen Kraftwerke durch moderne, wärmesparende ersetzen würde, könnte man ein Drittel des bisherigen Brennstoffbedarfes einsparen. Man könnte dann mit rund 2,5 Mio zusätzlicher Kraftwerksleistung rund 10 Mrd kWh ohne Erhöhung des jetzigen Kohlenverbrauches erzeugen.

Die überalterten Kraftanlagen am Rheinkraftwerk Neuhausen sind beseitigt und durch eine neue Anlage ersetzt worden, durch die die Jahresleistung von 20 000 MWh auf 38 000 MWh gesteigert werden wird. An der Kraftnutzung sind die Schweizerische Industriegesellschaft, die Aluminium-Industrie AG. und die Gemeinde Neuhausen beteiligt.

Die DeTeWe, „Deutsche Telephonwerke und Kabelindustrie Aktiengesellschaft“ in Berlin, die im Kriege einen Substanzverlust von rund 80% erlitten hatte, beschäftigt wieder rund 3000 Menschen. Die Firma hat neuartige Nebenstellenanlagen entwickelt, die auch die Aufmerksamkeit der Bundespost erregt haben.

Der Gesamtumsatz der Elektroindustrie in der Bundesrepublik betrug 1950 rund 3,4 Mrd DM, was gegenüber 1949 eine Steigerung von rund 1 Mrd bedeutet. Einschließlich der Elektroindustrie West-Berlins wurde sogar ein Umsatz von 3,8 Mrd DM erzielt. Das Ausführungsgeschäft erbrachte 323 Mio DM gegenüber 102 Mio DM in 1949.

Die Zahl der angemeldeten Fernsehteilnehmer in England stieg von 316 700 im März 1950 auf 703 000 Ende Februar 1951. Es wird erwartet, daß die Zahl der Teilnehmer bis Ende dieses Jahres die Millionengrenze überschreitet.

Die Eröffnung des dritten Fernsehsenders Englands in Holme-Moss bei Huddersfield wird das britische Fernsehprogramm weiteren 11 Millionen Menschen zugänglich machen. Nach Inbetriebnahme von zwei weiteren Sendern im kommenden Jahre werden dann 75% der britischen Bevölkerung an den Fernsehsendungen teilnehmen können.

Die Kabel für Handlampen sind immer besondere Gefahrenquellen. Eine amerikanische Firma liefert Handlampen, deren Kabel sich wie ein Bandmaß selbsttätig in ein Kunststoffgehäuse aufwickelt.

Selbst in Geflügelfarmen setzt sich in den USA die Hochfrequenzsterilisation durch. Die „Eastern States Farmers' Exchange, Buffalo (N.Y.)“ schätzt, daß sie damit jährlich über 1 Million Dollar durch Verhütung von Krankheiten unter dem Geflügel einspart. Jeder ein- und ausgehende Futterbeutel wird zum Beispiel mit Hochfrequenz von 13 kHz sterilisiert.

Eine Ozonlampe zur Luftverbesserung wurde von der General Electric Co. entwickelt. Die kleine Lampe mit einem kugelförmigen Glaskolben von 35 mm Ø nimmt 4 W bei 110 V auf. Ein Schirm schützt die Augen vor Ultraviolettstrahlung. Die Lampe zerstört alle Gerüche in einem Raum bis etwa 3 m³. Verwendungsgebiete sind Aufenthaltsräume, Kleider- und Wäschetrockner, Kühlschränke, Speisekammern usw.

Eine Freileitung vom italienischen Festland nach Sizilien plant die Compagnia Nazionale Imprese Elettriche (Coniel). Zwei Masten von 186 m Höhe sollen an der Straße von Messina errichtet werden; der eine an der flachen Küste Siziliens, der andere in 138 m Höhe auf dem Festlandgebirge. Dadurch wird erreicht, daß der Durchhang der 3,5 km langen Leitung 70 m über dem Meere nicht überschreitet. Die Übertragungsleistung soll 92 MW betragen.

Heiztapeten aus flexiblen Widerstandsgeweben werden nach englischen Patenten in den USA hergestellt. Man benutzt sie zum Bekleiden von Decken und Wänden. Sie werden in Rollen von 60 cm Breite geliefert. Die entsprechend aufgeteilten Stücke können an die Normalspannung angeschlossen werden. Es werden drei Typen gefertigt, die unter den Markennamen Dulrae, Medrae und Hirae auf den Markt kommen. Die erstere strahlt als Deckenheizung eine niedrige Temperatur ab, die zweite gibt als Wandbekleidung mittlere Temperaturen ab und die dritte dient als Großraumheizung.

AUS DER INDUSTRIE

Ein Kurbelinduktor für die Tasche



Bild 1: Der Taschenisolationsmesser „Isognom“

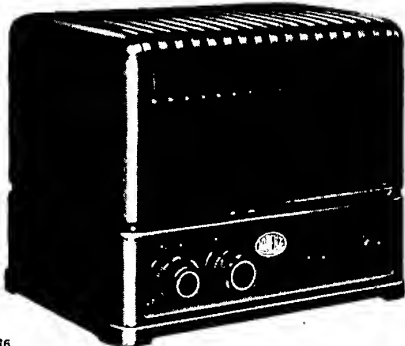
Das vom Elektromonteur am meisten mitgeführte Meßgerät dürfte der Kurbelinduktor sein. Jeder kennt noch die gewichtigen Ausführungen, deren Transport eine körperliche Anstrengung bedeutete. Es war naheliegend, daß die Industrie bemüht war, das Gerät immer kleiner und leichter zu bauen. In den letzten Jahren sind eine ganze Reihe handlicher und leichter Isolationsmesser auf den Markt gebracht worden.

Als einen Gipfelpunkt dieser Entwicklung muß man den Taschenisolationsmesser Isognom der Firma P. Gossen & Co. ansprechen. Das neue Gerät ist nicht viel größer als ein Belichtungsmesser (75×100×50) und wiegt einschließlich Prüflleitungen und Krokodilklemmen nur 650 Gramm. Das Drehspul-Meßwerk und der Stromerzeuger sind in einem Preßstoffgehäuse untergebracht. Die beim Kurbeln erzeugte Spannung wird durch einen Gleichrichter gleichgerichtet und durch Kondensatoren geglättet. Eine Glühlampe zeigt durch einen Ausschnitt in der Skala an, wenn die richtige Meßspannung erreicht ist; durch einen Stabilisator wird sie auf der vorgeschriebenen Höhe gehalten. Dadurch ist die Anzeige von der Drehgeschwindigkeit völlig unabhängig. Eine Erhöhung der Drehzahl hat keinen Einfluß auf die Meßspannung. Dadurch wird auch die Stellung des Zeigers so verblüffend stabil. Sobald die Glühlampe aufleuchtet, steht der Zeiger wie angenagelt und ermöglicht damit ein bequemes und genaues Ablesen. Die Meßgenauigkeit beträgt $\pm 0,75$ mm, gemessen am Skalenbogen. Auch bei Vorhandensein von Leitungskapazitäten kann der Isolationswert zwischen zwei Leitern gemessen werden.

Das Gerät wird in drei Ausführungen geliefert: mit 125 V, 250 V und 500 V Meßspannung bei den entsprechenden Meßbereichen für 15, 25 und 50 M Ω . Zur Schonung von Instrument und Rocktasche kann eine Lederbereitschafttasche mit Tragrümmen zum Umhängen mitgeliefert werden. ah.

Der Lorenz-Allzweckverstärker

Die Fa. C. Lorenz AG. hat einen Kraftverstärker für 15 W Leistung herausgebracht, der überall dort vorteilhaft verwendet werden kann, wo große Verstärkeranlagen unwirtschaftlich



4016

Bild 2: Der neue 15 W-Verstärker von Lorenz

wären. Mit ihm können in Gaststätten, Kaffees und Clubs mehrere Räume mit Rundfunk- oder Schallplatten-Musik versorgt werden. Man kann ihn auch für Freibäder, Turn- und Festhallen sowie in Betrieben verwenden. Auch als Kommandoanlage in Lautsprecherwagen kann er zum Betrieb eines Exponential-Trichter-Lautsprechers oder Doppel-Trichter-Lautsprechers für Sprech- und Musikübertragungen verwendet werden, denn man kann ihn als Endstufe zu einem Rundfunkempfänger als Verstärker zur Schallplattenwiedergabe und als Mikrofonverstärker für unmittelbaren Anschluß von Kondensator- oder dynamischen Mikrofonen benutzen. Es ist ein Allzweckverstärker, der sowohl für Wechsel- als auch für Gleichstrom in Betracht kommt. Die Leistungsaufnahme beträgt bei 220 V 55 VA. Das Gehäuse ist 24×18,5×19,5 cm groß; das Gerät wiegt 5,5 kg so daß es leicht befördert werden kann und wenig Raum einnimmt. Durch einen Drehknopf kann einfach auf jede der möglichen Betriebsarten eingeschaltet werden. Das Gerät ist mit Regler für Mikrofon- und Tonabnehmereingang, mit Tonblende für Baßanhebung und Hochtonfilter ausgerüstet. P. F.

Ein Magnetton-Plattenspieler

Die Blaupunkt-Werke, Darmstadt, haben in ihre Raumton-Musiktruhe ein Magnetongerät eingebaut, das auch als automatischer 10-Plattenspieler arbeiten kann. Es enthält zwei Tonarme, einen Kristallabnehmer für Schallplatten und einen Magnettonarm. Mit wenigen Handgriffen kann wahlweise der eine oder andere Arm auf die Führungsschneise aufgesetzt werden (im Bild 3 ist der Magnettonarm spielbereit).

Der magnetische Tonträger ähnelt in Form und Größe einer normalen Schallplatte; auch er hat Rillen, in denen der Tonarm mit einem Saphirstift geführt wird. Die

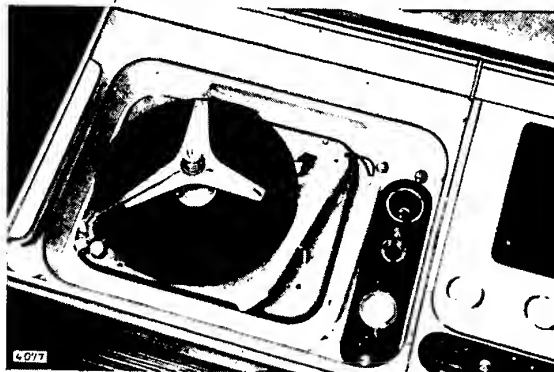


Bild 3: Der 10-Plattenspieler des Musikgerätes

Magnettonplatte besteht aus magnetisierbarem Material und wird von einem im Arm sitzenden Kopf (Hör-Sprechkopf) magnetisch beschrieben; man kann Rundfunksendungen aufnehmen oder auch eigene akustische Darbietungen mit Hilfe eines Mikrofons. Die Aufnahmen sind sofort anschließend abspielbereit, die richtige Lautstärke der Aufnahme zeigt ein magnetisches Auge an. Ein getrennt in den Tonarm eingebauter Löschkopf löscht automatisch bei jeder Aufnahme die vorhergehende Aufzeichnung aus. Aufnahmen können beliebig oft abgespielt, Platten beliebig oft neu besprochen werden.

Um eine Spieldauer einer Magnetplatte von 4 Minuten zu erreichen, wird bei der Umschaltung von Schallplatte auf Magnetton die Drehzahl des Plattenmotors herabgesetzt. Das Gerät kann bis zu 8 Magnetton- oder Schallplatten automatisch abspielen. Vth.

Neuer Badeofen

Einen Kohlebadeofen mit elektrischer Zusatzheizung stellen die Dr. Stiebel-Werke in Holzminnen her. Der Ofen wird mit einem als „Elektroflansch“ bezeichneten Heizelement ausgerüstet, dessen Anschlußwert 3 kW beträgt. Zur Erwärmung des Badewassers werden etwa 8 kWh benötigt. Im Winter kann der Ofen ausschließlich mit Kohlen beheizt werden, im Sommer jedoch vornehmlich mit elektrischer Energie. Ein besonderer Vorteil liegt darin, daß sehr rasch Brausebäder bereitgestellt werden können. Der Preis eines solchen Ofens soll sich etwa 25% niedriger stellen als der eines Bad-Heißwasserspeichers. ms.

BUCHBESPRECHUNGEN

Moeller-Werr, Leitfaden der Elektrotechnik. Bd. III: Konstruktion elektrischer Maschinen. Von C. v. Döbblers. Mit 732 Bildern, 178 Seiten. Format gr. 8°. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1950. Preis 12,— DM.

Als Ergänzung der bereits aus der Vorkriegszeit bestens bekannten Bände, welche die Berechnung der elektrischen Maschinen behandeln, erscheint ganz neu dieser dritte Band, der sich mit der konstruktiven Durchbildung der elektrischen Maschinen befaßt. Das Buch, das einen erfahrenen Fachmann zum Verfasser hat, geht ganz neue Wege. Es verzichtet auf die Unterteilung in Wechsel- und Gleichstrom-Maschinen. Die einzelnen Bauteile: Läufer, Ständer, Stromzuführungen und Lagerung aller Maschinen sind nacheinander systematisch behandelt. Der Zweck der einzelnen Bauelemente wird klargestellt und hieraus — nicht aus Vorlagen und Musterbeispielen — der Weg zur richtigen Lösung gefunden und Unterlagen zur kritischen Beurteilung der verschiedenen Möglichkeiten erarbeitet.

Von den zahlreichen Bildern sind nur ganz wenige schematisch, die weitaus meisten entsprechen — auch in den Größenverhältnissen — einer tatsächlichen Ausführung. Das Buch ist ein wertvoller Wegweiser für Studierende aber auch ein guter Ratgeber für den tätigen Ingenieur, der in ihm brauchbare Anregungen für konstruktive Arbeiten finden wird. Wer das Buch zur Hand nimmt, wird überrascht sein, daß sich auf dem Gebiet der Konstruktion die Systematik so beispielhaft bewährt. A. H e r h a n n.

Handbuch der Elektrotechnik. Von Adalbert V a r d u n und Walter N e i l l. Band 1, 2. Aufl. Mit 392 Bildern, 333 Seiten. Format DIN C 5. Fachbuchverlag GmbH, Leipzig 1951. Preis 7,80 DM.

Viele Handbücher erfüllen nicht ihre Aufgabe, jederzeit die gewünschte Orientierung zu liefern. Den vorliegenden Band aber wird jeder in der Praxis stehende als willkommenes Hilfsbuch begrüßen. Es bringt buchstäblich das ganze Gebiet der Elektrotechnik, angefangen vom Ohmschen Gesetz bis zu den modernsten Anwendungen, dabei aber alles nicht vom Standpunkt wissenschaftlicher Selbstgerechtigkeit, sondern von der praktischen Seite aus mit den Augen des Betriebsmannes gesehen. Es umgeht aber andererseits in erfreulicher Weise auch wieder die Klippe, in — wie man es bekanntlich bei derartigen Werken öfters findet — eine wissenschaftlich zweifelhafte Darstellung zu verfallen. Eine Fülle hervorragender Bilder, die stets das Wesentliche in klarer Form darstellen, ergänzen den Text in besonders glücklicher Weise.

Die Verfasser haben den Stoff bei der Bearbeitung der 2. Auflage neu und wirklich übersichtlich aufgeteilt. Der vorliegende I. Band enthält außer einer Einführung in die elektrotechnischen Grundlagen die Teile über elektrische Maschinen, Transformatoren, Stromrichter, Kondensatoren und Akkumulatoren. R. W e s s e l.

Elektrotechnik. Von Werner G r o ß s t ü c k. Mit 396 Bildern, 288 Seiten. Format DIN A 5. Verlag Wilhelm Knapp, Halle/Saale 1951. Preis brosch. 10,20 DM, geb. 12,40 DM.

Das Vorwort beginnt: „Das vorliegende Buch stellt eine Sammlung des Vorlesungsstoffes einer Ingenieurschule dar. Es soll somit den Bedürfnissen der Studierenden an Fachschulen und den Berufsschülern der oberen Stufen weitestgehend entgegenkommen.“

Im Interesse der Studierenden der Ingenieurschulen ist zu hoffen, daß der erste Satz nicht stimmt und daß der Wissensstoff den Studierenden klarer und richtiger vermittelt wird als in diesem Buch, das ohne liebevolle Sorgfalt bearbeitet ist.

In der Zusammenstellung der Formelzeichen z. B. ist x als Zeichen für die elektrische Leitfähigkeit eingeführt. Aber allein auf den Seiten 31 und 54 finden wir für die Leitfähigkeit neben x die Buchstaben k , K und κ verwendet! Die Bezifferung der Bilder ist ohne jedes System. Die Ausdrucksweise ist zum Teil ungeschickt und die Verständlichkeit durch unnötige Komplikationen und Widersprüche erschwert. Vieles ist auch falsch, besonders bei der Behandlung der Wechselstrom-Maschinen und Messungen. — Gleichstrommaschinen sind gar nicht erwähnt. — Als Mehrzahl von Motor heißt es immer „die Motore“ statt die Motoren. Vom Synchronmotor heißt es: „Überhaupt müssen die Synchronmotore erst auf synchrone Drehzahl ohne Belastung gebracht werden, was durch den Aufwand starker Ströme für Mehrphasenstrom und stark gedämpfter Erregung oder durch Fremderregung möglich ist.“

Unter „Anlaßversuche mit einem Käfigankermotor“ — der Verfasser meint aber „Einschaltversuche“ — heißt es: „Zur Verfügung stehen 65 V und ein Trafo in Sternschaltung.“ Bei der ersten Schaltung: Sternschaltung: $U = 110$ V lesen wir: „Der Anlaßstrom konnte nicht festgestellt werden, da der Strommesser nur bis 30 A Meßbereich hatte. Der Betriebsstrom betrug 10 A.“ Von einer Belastung ist nichts erwähnt, aber auch kein Hinweis darauf gegeben, ob es sich bei den 10 A etwa um den Leerlaufstrom handeln soll.

Als zweite Schaltung wird die Dreieckschaltung behandelt, die sowohl in der Zeichnung wie in der Beschreibung falsch ist. Als Verbindungen für die Dreieckschaltung wird gezeichnet und angegeben: U-x; V-y; W-z, also ein glatter Kurzschluß der Phasenwicklungen. Bei dieser Schaltung dürfte der Motor überhaupt nichts aufnehmen, es wird aber behauptet: „Bei dieser Schaltung ist der Anlaßstrom wieder zu hoch, und der Betriebsstrom beträgt sogar 25 A. Der Motor hat zu hohe Leistungsaufnahme; er brummt und wird zu warm. Der Lauf des Motors ist nicht normal.“ Der Motor läuft in dieser Schaltung überhaupt nicht, er wird auch nicht warm. Wo die 25 A Betriebsstrom bleiben ist dunkel. Ferner heißt es: „Das beim Anlassen zu leistende Drehmoment muß kleiner sein als der gleichzeitige Anlaufstrom, sonst kommt der Motor nicht in Gang.“ Hier ist es schon nicht mehr möglich sich vorzustellen, was der Verfasser dabei gemeint haben könnte!

Die Reihe dieser Beispiele könnte noch beträchtlich verlängert werden. Um den Umfang einer Buchbesprechung nicht zu sehr zu überschreiten, muß aber darauf verzichtet werden. Für den Selbstunterricht ist das Buch ungeeignet. Lehrer an Ingenieurschulen, die den Stoff wirklich beherrschen, werden es kaum einführen und in der Hand anderer Fachlehrer (die etwa Elektrotechnik als Nebenfach an Berufsschulen unterrichten) kann das Buch nur Verwirrung anrichten. A. H e r h a n n.

Das Rechnungswesen im Elektro-Installations-Gewerbe. Von Ad. W. M e i c h l e. 166 Seiten. Format kl. 8°. Verlag: Verband Schweiz. Elektro-Installateure, Zürich. Preis 8,50 Fr.

Das Buch ist eine Dissertation, es ist also von einem Wissenschaftler, nicht von einem Geschäftsmann geschrieben. Der Verfasser hat sich in die Belange des Elektro-Installationshandwerks sehr stark eingearbeitet und sie klar durchdacht. Die Begriffserklärungen sind sehr zahlreich und gut, allerdings für die Praxis nicht alle erforderlich.

Für den deutschen Installateur ist die Benutzung dieses Buches schwierig, da die Kontenklassen in der Schweiz anders aufgeteilt sind als in Deutsch-

land. Wer sich wissenschaftlich oder grundsätzlich mit der Materie befassen will, findet in dem Buch viele und wertvolle Anregungen. Vor allem ist es lehrreich, wie die Kontenklasse 6, die Erfolgskonten, aufgeteilt ist. Die entsprechende Kontenklasse 8 im deutschen Kontenrahmen ist nicht so gut aufgeteilt. Dieser Mangel des deutschen Kontenrahmens für das Elektro-Installationshandwerk beruht darauf, daß er zu stark von der Rücksicht auf solche Handwerkszweige beeinflusst ist, die fabrizieren.

Das Elektro-Handwerk ist ein Installations- oder ein Reparaturbetrieb und daneben ein Handelsbetrieb. Fabrikation kommt nur in den seltensten Fällen vor. Da sicher mancher Elektro-Installationsbetrieb durch das Buch veranlaßt würde, den schweizer Kontenplan wegen seiner Vorzüge zu übernehmen, kann man es in dieser Form für die deutschen Verhältnisse nicht empfehlen. Bei allen größeren deutschen Elektro-Installationsbetrieben ist nämlich der deutsche Kontenplan bereits eingeführt. Er stimmt auch in der Klasseneinteilung mit dem Kontenplan der deutschen Industrie und des Handels überein. Durch eine teilweise Übernahme des schweizer Kontenplanes würde also die innerdeutsche Betriebsvergleichsmöglichkeit in Frage gestellt.

Vielleicht gibt aber die wertvolle Arbeit einem deutschen Autor Veranlassung, ein gleichwertiges Buch für das deutsche Elektro-Installations-Gewerbe zu schreiben. A. H e r h a n n.

Die synchrone Maschine. Von Karl H u m b u r g. Mit 78 Bildern, 109 Seiten. Format kl. 8°. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1951. Preis 2,40 DM.

Dies Buch ist als Neudruck in der bekannten Sammlung Göschens (Bd. 1146) erschienen. Es behandelt Aufbau, Theorie, Betrieb, Prüfung und Größenbemessung der synchronen Wechselstrommaschine; ferner gibt es einen kurzen Überblick über den Einankerumformer, der ja auch zu der Klasse der synchronen Maschinen gehört; diese Ausführungen haben allerdings heute im wesentlichen historisches Interesse, da die Einankerumformer fast völlig durch die Gleichrichter verdrängt worden sind, worauf schon die Schlußsätze des Buches hinweisen.

Leider sind die Ausführungen über den Aufbau aus den alten Auflagen übernommen worden. Die Bilder zeigen z. B. ältere Maschinen kleinerer Leistung, deren Spulenabstufung den heutigen Forderungen nicht mehr entsprechen dürfte. Der Aufbau der Turboinduktoren aus einzelnen Platten wird heute auch bei zweipoligen Maschinen hoher Leistung häufig angewendet, allerdings nicht in der in Bild 13 gezeigten Bauart. Für zweipolige Maschinen sehr hoher Leistung (100 und mehr MVA) ist die Wasserstoffkühlung eingeführt worden. Induktoren mit Parallellüften werden heute wohl kaum noch gebaut. Der Auffassung, daß die Nutenkeile und die Induktorkappen eine gute Dämpferwicklung bilden, kann nur sehr bedingt zugestimmt werden. Auch die Keile — die zudem bei sehr langen Maschinen in axialer Richtung geteilt werden müssen — verändern bei Erwärmung und Abkühlung ihre Länge; mit einem guten Kontakt zwischen Keil und Kappe darf nicht gerechnet werden. Dämpferströme können sich nur über das Induktoreisen und über die Kappensitze schließen. Wenn die Kappen nicht völlig ruhig sitzen, gibt es hier Schmorstellen, die den Sitz allmählich zerstören können. Deshalb haben manche Konstrukteure die Kappen sogar vom Eisen isoliert. Andere Konstruktionen sehen besondere Maßnahmen zur Entlastung des Kappensitzes vor. In schwierigeren Fällen werden außerdem zusätzliche Dämpferwicklungen angeordnet.

Die Kapitel über die theoretischen Grundlagen der synchronen Maschinen sind klar und leicht verständlich geschrieben. Sehr ausführlich sind insbesondere die Zeigerdiagramme für Vollpol- und Schenkelpolmaschinen behandelt. Bei den Bruchlochwicklungen fällt auf, daß nur ihre Vorteile, aber nicht ihre Nachteile — z. B. für selbstanlaufende Synchronmotoren — erwähnt sind.

Alles in allem gibt das Buch eine gute Einführung in die Theorie und das Betriebsverhalten dieser wichtigen Maschinenart. F. K a d e.

Wer hat die pekuniären Belastungen des Stromverbrauchers bei Stromart- oder Spannungsänderungen zu tragen? Von Ernst P a b s t. 24 Seiten. Format DIN A 5. Gesellschaft zur Wahrung der Grundrechte e. V., Mannheim-Heidelberg. Preis 0,50 DM.

Der Verfasser untersucht in einem Rechtsgutachten die Frage, wer die Kosten zu tragen hat, die bei Änderung von Stromart und Spannung durch die Elektrizitäts-Versorgungsunternehmen bei den Energieabnehmern entstehen. Unter Beiziehung aller Rechtsquellen und Kommentare kommt er zu dem Schluß, daß nach dem Energiewirtschaftsgesetz und nach dem Grundsatz von Treu und Glauben für die Werke eine Verpflichtung besteht, für die durch die Änderung den Abnehmern aufzuerlegenden Belastungen mitzustehen. In welcher Art die Aufwendungen zwischen den Beteiligten aufgeteilt werden müssen, läßt sich nach seiner Ansicht nur im Einzelfall bestimmen. Darüber hinaus könnte nach Ansicht des Gutachters in Betracht kommen, den Werken eine Verpflichtung zur Vorfinanzierung der den Abnehmern verbleibenden Lasten aufzuerlegen. A. H e r h a n n.

Neue Elektrizitätswerke in Bau und Planung. Heft 1/2 1950, Verlag Vita Publica, Luzern. Preis 5,50 Fr.

Die Zeitschrift Vita Publica hat eine reich illustrierte in Kunstdruck ausgeführte Doppelnummer herausgebracht, in der grundlegende Artikel von bekannten schweizerischen Persönlichkeiten über Probleme der Elektrizitätsversorgung der Schweiz (Ausbau von Wasserkraften, Finanzierung, Energieexport, Übertragungsprobleme und Planung neuer Werke) zusammengefaßt sind. P C.

Bauelemente der Nachrichtentechnik. Teil III, Spulen. Von Heinr. N o t t e b r o c k. Mit 150 Bildern, 268 Seiten. Format DIN A 5. Fachverlag Schiele & Schön, Berlin 1950. Preis 12,— DM.

Der vorliegende Teil III der Buchreihe, deren erste Teile den Kondensatoren und Widerständen gewidmet sind, behandelt leicht faßlich das außerordentlich vielgestaltige Gebiet der Spulen mit und ohne Kern, für die Nieder- und Hochfrequenztechnik. Nach einer eingehenden theoretischen Einführung, beginnend mit den magnetischen Grundbegriffen, werden die Eigenschaften der magnetischen Werkstoffe, auch die der wichtigsten magnetisch harten Legierungen, behandelt. Sodann werden Eigenschaften, Aufbau und Werkstoffe, Fertigung und Anwendung der verschiedenen Spulenarten sowie deren Prüfung ausführlich dargestellt, wobei auch der neusten Entwicklung der Ferritkerne (Manifer, Ferroxcube usw.) breiter Raum gewidmet wird.

Große Sorgfalt hat der Verfasser auf das dornige Gebiet der magnetischen Maßeinheiten und Dimensionen verwendet. Zahlreiche Zusammenhänge werden in der Form zugeschnittener Größengleichungen (also mit Dimensionsangaben im Nenner) gebracht, ein Weg, der sehr zu begrüßen ist, weil er Klarheit schafft und umfangreiche textliche Erläuterungen überflüssig macht und von dem man nur wünschen kann, daß er künftig mit noch größerer Konsequenz durchgeführt werden möge.

Zahlreiche Dimensionsangaben, Kurvendarstellungen und Zahlentafeln machen das von großer Erfahrung des Verfassers zeugende Buch für Entwicklungsingenieure und Konstrukteure sowie zum Einarbeiten in dieses Gebiet gleich wertvoll. A. R u h r m a n n.

Ultrakurzwellen. Von Werner W. Diefenbach. Mit 105 Bildern, 105 Seiten. Format DIN A 5. Jakob Schneider Verlag, Berlin 1951. Preis 4,— DM.

Das Büchlein des bekannten Verfassers stellt eine außerordentlich wertvolle Ergänzung der bisherigen UKW-Literatur dar. In den ersten Kapiteln wird das Grundsätzliche über UKW und FM in knapper, aber zuverlässiger Form gebracht; ferner findet man die Schaltungstechnik des UKW-FM-Empfangsbetriebs in sehr übersichtlichen Schaltbildern, guten Fotos und grafischen Darstellungen aufgezeichnet. Auch die Prüf- und Meßtechnik, die Abgleichverfahren und die Antennentechnik kommen nicht zu kurz. Einen ganz besonderen Wert erhält die Veröffentlichung jedoch durch den zweiten Hauptteil, in dem die Send- und Empfangstechnik für den UKW-Amateur behandelt ist. Eine derartige Darstellung war dringend erforderlich, weil die Belange des UKW-Amateurs in der bisherigen Literatur vollständig vernachlässigt worden sind. Es ist Diefenbachs Verdienst, diese Lücke nummehr geschlossen zu haben. Die Ausführungen stützen sich vor allem auf eigene Laborarbeiten und beweisen die besondere Erfahrung des Verfassers auf dem Amateur-Gebiet, was den Wert des Bändchens noch unterstreicht.

H. Richter.

Moderne Zweikreisempfänger. Von Hans Sutaner. Mit 43 Bildern, 62 Seiten. Format kl. 8°. Franzis-Verlag, München 1950. Preis 0,90 DM.

Dieses im Rahmen der Radio-Praktiker-Bücherei erschienene, leicht faßlich geschriebene Heftchen behandelt eine Empfängerschaltung, die zwischen dem Einkreis-Ortsempfänger und dem Superhet steht. Es wendet sich in erster Linie an Amateure und Bastler, die sich in das Gebiet der Rundfunktechnik einarbeiten wollen und vermittelt in einwandfreier Form die notwendigen Kenntnisse; doch wird auch der in der Praxis stehende Rundfunktechniker manche Anregung finden. Hervorzuheben sind die fast vollständige, klare Darstellung, die zahlreichen Schaltungsbeispiele und der niedrige Preis.

A. Rührmann.

Röhrenvergleichstabellen. Von Werner Trieloff. Mit 176 Seiten. Format DIN A 4. Franzis-Verlag, München 1949. Preis kart. 8,— DM.

Aus einer Röhrenvergleichstabelle will der Rundfunktechniker und -instandsetzer entnehmen, durch welche Typen er alte, unbrauchbare und nicht mehr erhältliche Röhren ersetzen kann. W. Trieloff hat die statliche Zahl von 8000 europäischen, amerikanischen und russischen Röhren zusammengestellt und die gängigsten gleichwertigen der großen europäischen Firmen Valvo, Telefunken, Marconi und Mullard dazu ermittelt. Zu diesen sind dann in einem weiteren Abschnitt die üblichen Betriebsdaten, ihr Aufbau, die Anwendung und die Sockelschaltung angegeben.

Für jeden Rundfunkmechaniker ist dieses Buch von größtem Wert und er kann viel Zeit damit sparen. Er würde es jedoch begrüßen, wenn auch für die seltenen und fremden zu ersetzenden Röhren die Sockelschaltungen angegeben wären.

B. Vollrath.

Bestückungstabellen für Rundfunkempfänger. Von Werner Trieloff. 2. Aufl. Mit 63 Seiten. Format DIN A 4. Franzis-Verlag, München 1950. Preis kart. 5,50 DM.

In Deutschland sind noch sehr viele alte Rundfunkempfänger im Betrieb. Da diese im Laufe der Zeit recht störanfällig geworden sind, müssen Rundfunkmechaniker sich oft mit Ersatzbestückungen plagen.

Für diese Arbeit ist eine Bestückungstabelle, die, wie die vorliegende, auch alte und älteste Empfänger enthält, ein willkommener Helfer. W. Trieloff hat, unterteilt in die Zeiträume 1927 ... 44 und Nachkriegszeit, umfassende Unterlagen für 4600 Geräte aller deutschen (auch der ost-deutschen) Fabriken zusammengestellt. Ein knappes, aber klar verständliches Abkürzungssystem gibt die Röhrenbestückung, Urdoxwiderstände, Skalenlampen und Sicherungen zu den nach Herstellerfirmen geordneten Empfängern an. Sehr angenehm wird der Benutzer die Zusammenstellung der Anschriften heute noch bestehender Hersteller empfinden.

Die zweite, bis zum Frühjahr 1950 ergänzte (also ohne Funkausstellung Düsseldorf!) Auflage wird ihren Weg ebenso erfolgreich gehen, wie die erste.

B. Vollrath.

Aluminium-Taschenbuch. Mit 300 Bildern, 628 Seiten. Format kl. 8°. Im Verlag der Aluminium-Zentrale E. V., Düsseldorf 1951. Preis 12,60 DM.

Mit der jetzt vorliegenden zehnten Fassung hat das 1933 entstandene Aluminium-Taschenbuch eine Auflage von über 150 000 Stück erreicht. Das allein kennzeichnet schon seine Bedeutung. Die neunte Auflage war 1942 erschienen. Es ist daher begreiflich, daß der Werkstoff-Fachmann der neuen Auflage mit Interesse entgegenseh, zumal in den letzten Jahren eine Reihe von Neuerungen auf dem weit umspannenden Gebiete der Aluminiumverarbeitung und -behandlung bekannt geworden sind. Die Gliederung des Stoffes wurde auch im wesentlichen beibehalten. Demnach enthält das Taschenbuch Abschnitte über Gewinnung und Normung des Aluminiums, Eigenschaften, Werkstoffprüfung, Richtlinien für Werkstatt und Montage, spanlose und spanabhebende Formgebung, Verbindungsarbeiten, Oberflächenbehandlung, Richtlinien für den Konstrukteur, Aluminium-Folie, Aluminiumpulver, Aluminium in der Elektrotechnik, Normen usw. Erweitert oder neu aufgenommen wurden Abschnitte über elektro-induktive und Ultraschallprüfung, Aluminiumguß, Ziehverfahren, Ziehpressen, Kleben, Berechnungsunterlagen für Hoch-, Kran- und Brückenbau u. a. m. Hinter jedem Abschnitt wird das Schrifttum aufgeführt. Das Taschenbuch läßt keine Wünsche offen; es enthält eine Fülle wertvoller Angaben und eignet sich in hervorragender Weise dazu, jedem Werkstoffinteressierten Anregung und Auskunft zu geben.

H. Kalpers.

Elektrotechnik am Kraftwagen (Kraftfahrzeugkunde Teil III). Von H. Kopp. Mit 15 Bildtafeln, 69 Seiten. Format DIN A 4. Richard Carl Schmidt & Co., Verlagsbuchhandlung, Braunschweig 1949. Preis 4,80 DM.

Nach einer kurzgefaßten Einführung in die Grundgesetze der Elektrotechnik werden die Grundlagen des Magnetismus, der Induktion und der elektrischen Gleichstrommaschinen in ihrer Anwendung als Lichtmaschine mit Strom- und Spannungsreglung und als Anlassermotor behandelt. Auch die verschiedenen Arten der Zündung, die Sammler- und Magnetzündung, finden hierbei ihre volle Berücksichtigung. Die gesamte elektrische Anlage am Kraftwagen einschl. der Lichtanlage mit allem Zubehör wird an Hand eines Schaltplanes von Bosch erklärt. Eine Tafel über die Anschlußbezeichnungen und Leitungsquerschnitte ist beigelegt. Die Sammler, insbesondere der Bleisammler, sowie die Ladeeinrichtungen werden in ihrer Arbeitsweise beschrieben. Hierbei wäre allerdings noch die Beschreibung der Ladung mit Hilfe von Trockengleichrichtern erwünscht.

Die Sprache und Darstellungsweise ist kurz, aber in bemerkenswerter Weise klar und verständlich. Eine große Zahl von ausgezeichneten Tafeln enthalten die erforderlichen Zeichnungen und Schaltungen der Maschinen und Geräte. Das Buch ist insbesondere für den Gebrauch an Berufsschulen und für Fachklassen für das Kraftfahrzeughandwerk geschrieben und für diese Zwecke und für den Selbstunterricht gut geeignet.

B. Fechtrop.

Die Zündung. Von Erich Klaiber. Mit 269 Bildern, 382 Seiten. Format gr. 8°. Technischer Verlag Herbert Cram, Berlin 1950. Preis Kunstl. geb. 22,— DM.

Das vorliegende Werk ist in seiner klaren Gliederung und umfassenden Behandlung des wichtigsten Teiles der elektrischen Ausrüstung eines Kraftfahrzeuges — der Zündung — in gleicher Weise wertvoll und anregend für den erfahrenen Fachmann wie für den technisch interessierten Besitzer eines Kraftwagens. Die einzelnen Ausführungen namhafter Spezialisten geben eine erschöpfende Übersicht über Geschichte, Theorie und Praxis der verschiedenen Zündungsarten, ihrer Bauteile und Verwendungszwecke unter Berücksichtigung der gerade im letzten Jahrzehnt so umfangreich entwickelten, technischen Neuerungen. Die klaren, grafischen und schematischen Darstellungen sowie zahlreiche sehr gute Lichtbilder unterstützen das Verständnis des Textes, wobei besonders auf die ausgezeichneten farbigen Bilder des Kerzen-Gesichtes unter verschiedenen Betriebsbedingungen am Schluß des Buches aufmerksam gemacht sei. Die beabsichtigte Erweiterung des Werkes durch Teil II „Lichtmaschine und Batterie“ sowie Teil III „Stromverbraucher“ wird nach dem Studium des vorliegenden I. Teiles von allen Interessenten freudig begrüßt werden.

W. Trautmann.

Du und Deine Steuern. Von Hermann Klaetsch. Mit zahlreichen Bildern, 108 Seiten. Format DIN A 5. Hermann Luchterhand Verlag, Berlin-Frohnau 1951. Preis 3,50 DM.

Ein Fachmann spricht dem Leser munter zu, macht ihm die Buchführung schmackhaft und zeigt an pointenreichen Anekdoten aus seiner Praxis, wie nützlich und dumm die Steuernehrlichkeit sich meist auswirkt. Es ist etwa so, wie wenn ein Zahnarzt dem Patienten zwischen zwei Bohrungen auf dem Nerv des Backenzahnes Geschichten über die Dummheit der Leute erzählt, die aus Angst vor zehn Minuten schmerzhafter Behandlung tagelang mit Zahnschmerzen herumlaufen.

So, wie der vernünftige Mensch rechtzeitig zum Zahnarzt geht, wird der vernünftige Steuerzahler sich rechtzeitig um seine Steuern kümmern. Das Buch von Klaetsch macht ihm die Sache leicht, gibt ihm viele nützliche und praktische Winke und verzuckert ihm sogar die bittere Pille der Steuernehrlichkeit, über deren Mangel man sich nach uralter Erfahrung immer dann besonders beklagen muß, wenn die Steuerschraube völlig überdreht ist.

A. Herhahn.

Duden, Rechtschreibung der deutschen Sprache und der Fremdwörter. 13. Auflage. Herausg. von Horst Klien. 690 Seiten. Format kl. 8°. Franz Steiner N. Herrosé's Verlag GmbH, Wiesbaden 1949. Preis 12,60 DM.

Wohl selten ist ein Verfassersname so zu einem Begriff geworden und derartig mit seinem Werk verschmolzen, wie der von Konrad Duden. Vom Schuljungen bis zum Professor ist „der Duden“ letzte Autorität bei Unsicherheiten über die Rechtschreibung und es gibt wohl keinen Schreibe-tisch, auf oder in dem dieses Werk nicht zu finden wäre. Für den Wert des Buches spricht allein schon die Tatsache, daß es 13 Auflagen erlebt hat, und daß seine Verbreitung durch sechsstellige Zahlen ausgedrückt werden kann.

Auch in der neuen Auflage, die uns vorliegt, wurde das Bestreben Konrad Dudens, die deutsche Einheitsschreibung zu errichten, weitergeführt. Es wurde versucht, die Unterschiede in den drei amtlichen Regelbüchern (für Preußen, Bayern und Österreich) so weit wie möglich zu beseitigen. Es ist ferner erfreulich, daß die Bearbeiter der neuen Auflage die Entwicklung der Sprache berücksichtigt haben, indem veraltetes Wortgut ausgemerzt und neuzeitliches aufgenommen wurde.

Wie bei der vorhergehenden Auflage wurden die ersten 60 Seiten der Rechtschreibung, der Sprachlehre, der Wortbildungslehre, den Satzzeichen und dem Schriftsatz gewidmet. Der im Zeitungswesen Tätige würde es wünschen, daß seine Mitarbeiter die Korrekturvorschriften auf den folgenden Seiten mehr beherzigen.

Die Dauerhaftigkeit des Einbandes der neuen Auflage entspricht der eines Buches, das ständig zur Hand genommen und deshalb stark strapaziert wird.

H. Werner.

VERSCHIEDENES

40 Jahre Elektro-Leber

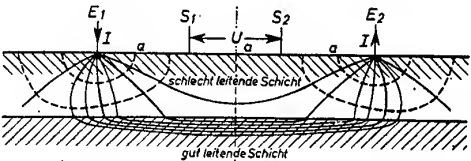
Die Firma Elektro-Leber, Spezialfabrik für Stahlblech-Schalttafeln und Stahlschränke, in Freiburg, bestand am 1. Mai 40 Jahre. Bis 1934 befaßte sich die Firma mit Großinstallationen und besonders mit der Montage von Neon-Beleuchtungen. 1934 stellte der Sohn des Gründers und jetzige Inhaber, Ing. Karl Josef Leber, den Betrieb auf die Produktion von Stahlblech-Schalttafeln, Schaltschränken, Schaltpulten, Steuerungs-Anlagen und Hausanschlüssen um. 1944 wurde die Fabrik total ausgebombt. Nach harter Aufbauarbeit ist die Firma heute wieder in vollem Umfang lieferfähig.

Pl.

Berichtigungen

Unter „Kurz berichtet“ im Märzheft 1951 S. 94 brachten wir eine Meldung über das 25jährige Bestehen „Der Deutschen Electrola GmbH.“. Wir werden darauf aufmerksam gemacht, daß diese Firmenbezeichnung falsch ist und richtig „Electrola Gesellschaft m. b. H.“ heißen muß. Die Bezeichnung der britischen Firma, an die sich die Electrola Gesellschaft m. b. H. anschließt, lautet: „Electric and Musical Industries Ltd., Hayes“.

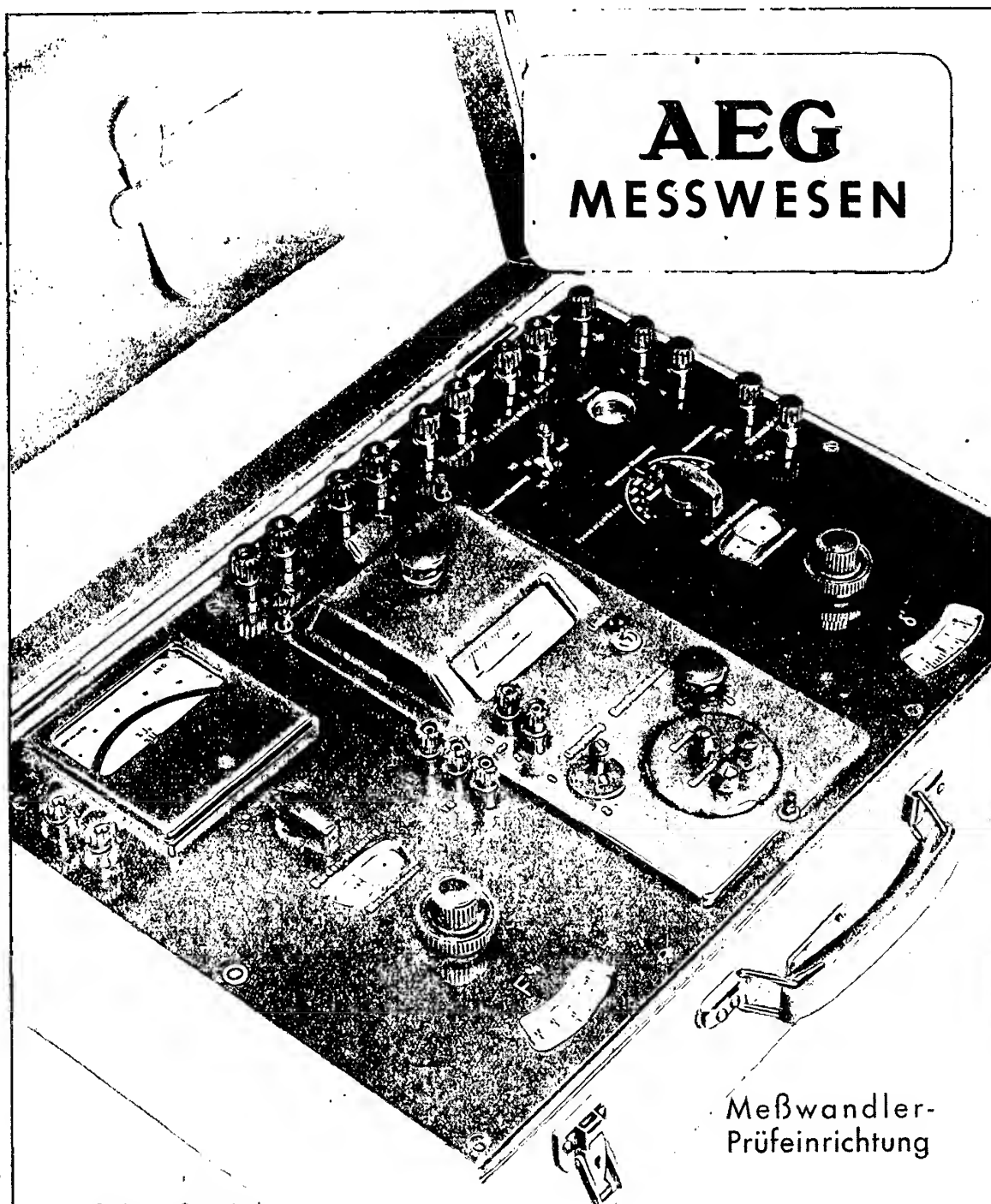
In dem Referat „Einfaches Verfahren zur elektrischen Untersuchung des Untergrundes für Erdungen“ [ELT Bd. 3 (1951) H. 4, S. 111] ist ein Bild verwechselt worden. Nachstehend bringen wir die richtige Darstellung für Bild 2.



Schriftleitung: Dipl.-Ing. Hans Hansen, Wuppertal-Elberfeld, Briller Str. 99, Tel. 37708. Anzeigenverwaltung: Wuppertal-Elberfeld, Friedr.-Ebert-Str. 111, Postfach 1144, Tel. 37959. Bezugsmöglichkeit: Durch den Buchhandel oder den VDE-Verlag (Postcheckk. Köln 98748). Bezugspreis: 4,50 DM im Vierteljahr. Druck: J. H. Born, Wuppertal-Elberfeld.

AEG

MESSWESEN



Meßwandler-
Prüfeinrichtung

Wir liefern:

Elektrische Feinmeßgeräte und Einrichtungen
Elektrische Schalttafel- und Betriebsmeßgeräte
Wärmetechnische Meßgeräte u. Überwachungsanlagen
Schutzrelais und Hilfsrelais · Spannungsregler

ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT

Schilder
Skalen, Zifferblätter
gest., geätzt, gedruckt
Berg, Präge- & Alzwerk
JOHANNES BORNEHMANN LANGERFELD
WUPPERTAL

Genauere, leichtere, defekte
Niederdruck- und Hochdruck-Ringwaagen
auch sonstige Temp. Meß-
geräte zu kaufen gesucht.
A. Gerlach Elektrotechnik
Offenbach am Main
Goethestr. 11

Elektro-Meister
2 Jahre, Jedig lehr- und
Messberechtigt
ansch. sich zu verändern,
Frab. u. Install. u. Masch.
sehr in Überwach. Rep.
u. Netze in Industrie
Angebote u. 0045 an den
VDE-Verlag erheben

KOLOPHONIUMZINN
LOTZINN (DRAHT, BAND, PULVER)
LOTMASSE - LOTWASSER - LOTPASTE
SCHWEISSPULVER - SCHWEISSSTABE
HARTLOTE SILBERLOTE
WILH. STANNOL PAFF
LOTMITTEL FABRIK WUPPERTAL
BARMEN

Niederspannungs-Schaltgeräte / Schütze
Nockenschalter, Anlaßgeräte
Jüngerer befähigter
Mitarbeiter
für konstruktive Entwicklungsarbeiten eines
100-Mann-Betriebes - Nähe Köln - gesucht.
Angebote unter 0046 an den VDE-Verlag.

Abnahme-Ingenieur
gesucht für EVU mittlerer Größe, zur Abnahme
und Überprüfung elektr. Installationsanlagen.
Tätigkeit u. Erfahrung in Abnahme notwendig.
Alter nicht über 40 Jahre. Eintritt 1. Juni 1951.
Bewerbung unter 0047 an den VDE-Verlag.

VERBESSERN SIE DEN COS
DURCH **DIELEKTRA**
KONDENSATOREN
Wir beliefern
seit Jahrzehnten
Großkraftwerke, Strom-
lieferungs-Gesellschaften
und Kraftverbraucher mit
Blindstromkondensatoren.
Durch die Ersparnis an den
Stromrechnungsbeträgen
haben sich in fast allen
Fällen unsere Kondensa-
toren in 1 bis 2 Jahren
bezahlt gemacht.
Wir beraten Sie gern und
unverbindlich. Verlangen
Sie unsere Druckschriften.
DIELEKTRA AKTIENGESELLSCHAFT
vorm. Meirowsky & Co. Akt.-Ges.
PORZ (RHEIN)

1911-1951
40 Jahre
STAHLBLECH-
Schaltbatterien
Schaltschränke
Schalttafeln
STEUERUNGS-ANLAGEN
Elektro-Leber
(17b) Freiburg (Breisgau)
Klarastraße

Wilhelm Quante
Spezialfabrik für Apparate der Fernmeldetechnik
G. m. b. H.
Fernsprecher-
Samm.-Nr. 34341
Drahtanschrift:
Quantewerke
Gegründet 1892
Wuppertal-Elberfeld
Uellendahler Straße 353

Die Autobatterie - Schnellladung
mit dem neuen, selbstregulierenden
WZ - Schnellladegerät „Expreß“
bedeutet.
■ Aufladung der Batterie in der kürzest mög-
lichen Zeit
■ Durch Ladung mit konstanter Ladespannung
vollkommene Sicherheit für die Batterie
■ Einfachste, vorrücksichere Bedienung des Geräts
WILHELM ZEH K.G.
Freiburg i. Br.

Reuter Kohlenpapier
Reuter Farbbänder
KOHLEPAPIER-UND FARBBANDFABRIKEN
RICHARD REUTER DUSSELDORF-REISHOLZ
NIEDERLASSUNGEN IN: HAMBURG • KÖLN • FRANKFURT/M. • BADEN-BADEN • NORNBERG •
STUTTGART • MÜNCHEN

**AUTOMATISCHE
NETZSPANNUNGS-
KONSTANTHALTER**

- 2 ... 0,1%

LASTUNABHÄNGIG
FREQUENZUNABHÄNGIG
PHASENWINKELUNABHÄNGIG
0,2% genau

220V

KLEIN
SCHÖNHAUSEN 1954
H 1155



Adern und Kabel kennzeichnen

mühe-los und schnell
durch das selbstklebende
fortlaufend bedruckte

Tesa-flex
Bezeichnungsbänder

P. BEIERSDORF & CO. A.-G. HAMBURG 20

Muster kostenlos

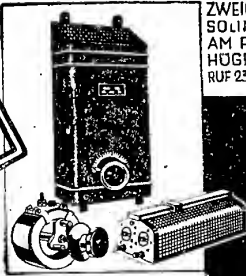


RED
BORIS VON WOLFF

ZWEIGWERK
SOULINGEN
AM ROSEN
HÜGEL 6
RUF 25 000

ELEKTRISCHE
WIDERSTÄNDE
UND
SCHALTGERÄTE
TRANSFORMATOREN

BERLIN NW 87 - ERASMUS 5739
RUF - SAMMELNUMMER 39 23 52



HACKETHAL

*Starkstrom-
PAPIERBLEIKABEL*

DRAHT-UND KABEL-WERKE A.G. HANNOVER



BBC
KLEINFABRIKATE

Stahlblech
VERTEILUNGEN

IN JEDER AUSFÜHRUNG

BROWN, BOVERI & CIE AG., MANNHEIM
ABTEILUNG KLEINFABRIKATE



DIE TRÄNKLACHE

für Wicklungen u. Spulen:

- ELASTOLACKE
- TETRONITE
- INSULATORS
- SILICONITE

Handwritten signature: J. Beck

KABEL- u. SCHALTDRAHTLACKE · IMPRÄGNIERLACKE FÜR GLAS UND GEWEBE · TROPEN- u. EXPLOSIONSFESTE SCHUTZLACKE

DR. BECK & CO. ^{GM}_{BH} HAMBURG 28

KWR

Fernmeldekabel

**KABELWERK RHEYDT AKT.-GES.
RHEYDT**

Der kleine weiße mit dem

BLAUEN RING

ist der

SURSUM- PK

Der Schraubautomat für 6, 10, 15 A. u. Spannungen bis 250 V. Gl.- und 380 V. W.-Strom

Er schützt Leitungen und Geräte vor Überlastung und schaltet Kurzschlüsse von

♦ 5000 Amp. ♦

und darüber einwandfrei ab; das ist mehr als das Vierfache des vom V. D. E. vorgeschriebenen Prüfstroms von 1200 A.

SURSUM
ELEKTRIZITÄTS-GESELLSCHAFT
LEYHAUSEN & CO. NÜRNBERG
ELEKTROTECHN. SPEZIALFABRIK

»KRONPRINZ« STAHLPANZERROHRE

Der zuverlässige Schutz für elektrische Leitungen

»KRONPRINZ«
AKTIENGESELLSCHAFT FÜR METALLINDUSTRIE
SOLINGEN-OHLIGS

Diesem Heft liegt ein Prospekt des Springer-Verlages, Berlin W 35, Reichpietschufer 20, bei

11/17/53

VDE

*Supplement to 00-B
36904*

RECEIVED COPY
DO NOT CIRCULATE

FACHBERICHTE

15. BAND 1951

VDE-Fachberichte 15 (1951)

VDE

FACHBERICHTE

15. BAND 1951

VDE-VERLAG / WUPPERTAL u. BERLIN

VDE - FACHBERICHTE 15 Band 1951
VDE-VERLAG, Wuppertal u Berlin, 1952

INHALTSVERZEICHNIS

Fachberichte mit Aussprachen

Gruppe A — Elektromaschinen		Seite
E. Kübler, Blaubeuren	Einführung	9
1. W. Leukert, Berlin	Wirkungsgrad und Modellausnutzung bei wasserstoffgekühlten Maschinen	9
2. F. Moldenhauer, Mülheim/Ruhr	Wasserstoffkühlung elektrischer Maschinen	13
3. H. Böcker, Mannheim	Der Entwicklungsstand im Großtransformatorenbau	19
Gruppe B — Schaltanlagen und Netze		
R. Mestermann, Hannover	Einführung	25
1. K. Reiske, Erlangen	Gekapselte Schaltanlagen, ihre Grenzen und ihr Anwendungsgebiet	26
2. G. Meiners, Berlin	Neuerungen im Schaltanlagenbau	31
3. U. Fischer, Berlin	Analyse und Synthese der Vorgänge beim Abschalten leerlaufender Hochspannungsleitungen	36
Gruppe C I — Kabel		
W. Vogel, Köln	Einführung	44
1. O. Gasser, Berlin	Prüfung von Hochspannungskabeln unter besonderer Berücksichtigung der Betriebs-Beanspruchungen	44
2. W. Claußnitzer, Köln	Aluminiummäntel bei Starkstromkabeln für Nieder- und Hochspannung	50
3. K. Andresen, Hannover und H. Brandes, Hannover	Über einen neuen bleilosen Kabelmantel	58
Gruppe C II — Isolatoren		
P. Böning, Porz/Rhein	Einführung	64
1. H. Läßle, Berlin	Zur Bemessung und Gestaltung von Innenraumisolatoren	64
2. K. Schaudinn, Hohenbrunn	Große Porzellanstützer mit abgeschmolzenem Innenraum für Hochspannungsanlagen	69
3. H. Dorn, Lauf/Pegnitz	Die Metallisierung keramischer Formteile für Hartlötung oder mehrfach Weichlötung	74
Gruppe D — Schaltgeräte und Überspannungsschutz		
H. Weber, Berlin	Einführung	80
1. J. Moeller, Heidelberg	Kurzschlußfeste Motorschutzschalter	80
2. G. Kirch, Berlin	Moderne Bauformen der Expansionsschalter	86
3. F. Parschalk, Mannheim	Überspannungsableiter im Rahmen der Isolationskoordination von Hochspannungsanlagen	91
Gruppe E — Antriebe und Lichttechnik		
W. Krämer, Fröndenberg/Ruhr	Einführung	98
1. G. Lemcke, Mannheim	Entwicklung und Stand der Technik von elektrischen Fördereinrichtungen für Bergwerke	99
2. H. Jordan, Kirchheim-Teck	Elektromagnetische Schwingantriebe	104
3. C. H. Sturm, Eberbach	Vorschaltgeräte für Niederspannungs-Leuchtstofflampen	108

Vorwort

Die 45. Jahresversammlung in Hannover vom 11. bis 16. Juni 1951 brachte in 20 Fachgruppen über 60 Fachberichte aus den verschiedensten Entwicklungsbereichen der Elektrotechnik, die der vorliegende 15. Band der VDE-Fachberichte zusammenfaßt, wobei gleichzeitig die jeweiligen Aussprachen angefügt sind. Bei der Zusammenstellung unterstützten uns weitgehend die Herren, die die Leitung und Einführung der verschiedenen Fachgruppen übernommen hatten. Ihnen, den Fachberichtern und Diskussionsrednern möchten wir an dieser Stelle für die Mitarbeit nochmals danken. Wir wünschen auch diesem Band das allseitige Interesse, das die vorhergehenden Bände gefunden haben.

Verband Deutscher Elektrotechniker

Gruppe F I — Elektrowärme		Seite
H. Masukowitz, Frankfurt/M.		Einführung 114
1. W. Sorgenicht, Langenberg/Rhld.	Induktive Erwärmung ferromagnetischer Stähle mit Netzfrequenz	115
2. K. Kegel, Berlin	Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Induktions-Härtemaschinen	119
3. F. Walter, Berlin	Anwendungen elektrischer Energie hoher Stromstärken in Elektrothermie und Elektrochemie	124
Gruppe F II — Elektrowärme		
H. Müller, Langenberg/Rhld.		Einführung 129
1. T. v. Hauteville, Stuttgart	Das Wärmeimpulsverfahren	129
2. K. H. Brokmeier, Dortmund	Möglichkeiten der Modelluntersuchung in der Wärmeleitungsforschung	134
3. H. Rademacher, Essen	Mögliche Falschmessungen des Verbrauchs von Elektrodendurchlauferhitzern	138
Gruppe G — Steuerung und Regelung		
G. Lesch, Karlsruhe		Einführung 142
1. W. Schilling, Wolfenbüttel	Transduktoren, Wirkungsweise und Anwendung magnetischer Leistungsverstärker für industrielle Regelaufgaben	143
2. H. Curion, Erlangen	Fortschritte in der Selbststeuerung von Wasserkraftanlagen	147
3. J. Förster, Berlin	Neues Verfahren zur Steuerung eines stromrichter- gespeisten Umkehrantriebes	151
Gruppe H — Fernmeldetechnik in Starkstromanlagen		
W. Bader, Stuttgart		Einführung 156
1. A. Dennhardt, Hannover	Entwicklungseinrichtungen im Betriebsfernmeldewesen der Elektrizitätsversorgung	157
2. A. de Quervain, Mannheim	Leitungsgerichtete Trägerfrequenzübertragung längs Hochspannungsleitungen nach dem Einseitenbandverfahren und ihre Mehrfachausnutzung	160
3. W. Blum, Hameln	Fernsteuerung in Starkstromnetzen durch Überlagerung tonfrequenter Impulse	166
Gruppe J — Funkentstörung		
W. Scholz, Darmstadt		Einführung 172
1. A. Nowak, Hannover	Gegenseitige Beeinflussung von Empfängern bei Ultrakurzwellen-Frequenzmodulationsverfahren	172
2a. W. Kebbcl, Erlangen	Funk-Entstörung und Frequenzstabilisierung medizinischer Hochfrequenzgeräte	176
2b. H. Zumbusch, München	Funkstörungen durch industrielle Hochfrequenzgeneratoren	180
3. K. Volk, Stuttgart	Reichweiten der Zündentstörungen von Kraftfahrzeugen bei amplituden- und frequenzmoduliertem Empfang; Entstörung durch störrarme Kerzen und störrarme Verteilerfinger	182
Gruppe K I — Drahtfernmeldetechnik		
H. Düll, Darmstadt		Einführung 188
1. D. Thierbach, München	Die Trägerfrequenzsysteme im Fernsprechnet	189
2. P. Oehlen, Köln	Eindringen der Trägerfrequenztechnik in die Fernsprechnetgruppe	194
3. F. Heitzmann, Mannheim	Neuartige Isolierung für Fernsprech-, Tf- und Hf-Kabel und -Leitungen	199
Gruppe K II — Drahtfernmeldetechnik		
H. Schönfeld, Hannover		Einführung 206
1. A. Mehliß, Stuttgart	Die Lösungswege in der Fernwählvermittlungstechnik und ihre Freiheitsgrade	206
2. M. Hebel, Hechendorf	Eingliederung des handbedienten Fernverkehrs in ein zukünftiges Fernwählnetz	210
3. R. Zimmermann, München	Der Blattschreiber für das Siemens-Hell-Verfahren	215

Gruppe L I — Hochfrequenztechnik

		Seite
1. J. Peters, Hamburg	Neuere Entwicklungen der Rundfunktendetechnik	220
2. H. H. Meinke, München	Neueres aus der Höchsthäufigkeit-Meßtechnik der USA (Hinweis auf FTZ 1951, Heft 11)	224
3. W. Kloepper, Pforzheim	Die hochfrequenten Einrichtungen des Übersee-Funk- sprechverkehrs	225

Gruppe L II — Hochfrequenztechnik

G. Leithäuser, Berlin	Einführung	230
1. R. Urtel, Pforzheim	Die Ablenktechnik des Fernsehens	231
2. R. Bredner, Hamburg	Meßgeräte für Fernsehempfänger	236
3. K. Schmid, Pforzheim	Über das Verhalten von Detektoren im Dezimeterwellen- gebiet	240

Gruppe L III — Hochfrequenztechnik

1a. K. O. Schmidt, Darmstadt	Die Planung von Richtfunkverbindungen (Streckenplanung)	243
1b. H. Werrmann, Berlin	Technisch-wirtschaftlicher Vergleich zwischen einem Breit- bandrichtfunk- und einem Koaxialkabelsystem	247
2a. H. Holzwarth, München	Richtfunkanlagen mit Pulsphasenmodulation	251
2b. G. Ulbricht, Ulm	Impuls-Dezimeter-Übertragungsanlage IDA 22	253
3a. W. Berndt, Berlin	Antennen im Ultrakurzwellenbereich	258
3b. H. Bosse, Stuttgart	Breitband-Rohrschlitzantennen	262
3c. W. Kloepper, Pforzheim	Die Ringspaltantenne	266

Gruppe M I — Meßgeräte

H. Toeller, Frankfurt/M.	Einführung	270
1. W. Thal, Karlsruhe	Neue Feinmeß- und Präzisionsinstrumente für Gleich- und Wechselstrom	271
2. J. Richter, Erlangen	Der Kompensationsverstärker — ein neuer Fotozellen- kompensator	274
3. H. Wechsung, Frankfurt/M.	Moderne Meßgeräte zur Fehlerortsbestimmung an Stark- stromkabeln mittels elektromagnetischer Wellen	277

Gruppe M II — Meßgeräte

K. Schmiedel, Nürnberg	Einführung	285
1. H. Edler, Neuhaus b. Höchstädt	Bedeutung von Lagerung und Reibung bei neuzeitlichen Motorelektrizitätszählern	285
2. H. Grosse-Brauckmann, Hameln	Kontaktgesteuerte Zähler und Tarifgeräte	290
3. R. Bauer, Berlin	Fortschritte im Bau von Trockenspannungswandlern	294

Gruppe M III — Meßgeräte

F. Möller, Braunschweig	Einführung	297
1. P. Böning, Porz/Rhein	Entnahme kleiner Leistungen aus Wechselspannungsnetzen für Meßzwecke und zum Speisen von Telefoniegeräten	297
2. E. v. Ferroni, Berlin	Fortschritte auf dem Gebiet der Mehrfach-Elektronenstrahl- Oszillographie	298
3. W. Denecke, Braunschweig	Neue Verfahren zur Messung des Phasenwinkels und der Frequenz	301

Gruppe N — Elektrophysik und Elektroakustik

1. Th. Wasserrab, Mannheim	Fortschritte in der Erforschung der Stromrichter-Gas- entladungen	305
2. P. Wenk, Erlangen	Löten von Aluminium mit Ultraschall	309
3. H. Kösters, Hamburg und A. Panceram, Hamburg	Methoden zur Erzeugung eines künstlichen Nachhalles	312

Gruppe A — Elektromaschinen

Einführung

Von E. Kübler

Die Wasserstoffkühlung elektrischer Maschinen, vornehmlich von Turbogeneratoren, die in den USA wegen der dort üblichen höheren Generatordrehzahl entsprechend der Frequenz $f = 60 \text{ Hz}$ bereits zu einem gewissen Hochstand entwickelt ist, fängt nun an, auch für die deutschen Verhältnisse große Bedeutung zu gewinnen. Für die diesjährige VDE-Tagung wurden ursprünglich mehrere Berichte zu diesem Thema gemeldet. Daher wurde vorgeschlagen und die Tagungsleitung hat sich dafür entschieden, ausnahmsweise mehrere Herren zu diesem Thema sprechen zu lassen. Dies ist freilich ein Wagnis, und man kann geteilter Meinung darüber sein, ob dies zweckmäßig ist, insbesondere auch aus der Erwägung, daß erst im nächsten Jahre große deutsche Kundenausführungen auf diesem Gebiet vorliegen werden. Es werden zwei Herren zu diesem Thema „Wasserstoffkühlung elektrischer Maschinen“ berichten. Der dritte Vortrag wird sich mit dem Entwicklungsstand im Großtransformatorenbau befassen.

Im ersten Vortrag spricht Herr Dr. Leukert, Berlin, über das Thema „Wirkungsgrad und Modellausnutzung bei wasserstoffgeköhlten Maschinen“. Ausgehend von den Versuchsergebnissen mit einem 10 MVA-Versuchsgenerator untersucht der Vortragende an Hand von einigen Rechnungsbeispielen vergleichend, in welchem Ausmaß man von der möglichen Leistungssteigerung mit Rücksicht auf das Betriebsverhalten und

die Betriebssicherheit der Maschine Gebrauch machen soll. Aus dieser vergleichenden Betrachtung, die getrennt für Turbogeneratoren, Blindleistungsmaschinen und Bahnnumformer ausgeführt wird, ergeben sich wertvolle Empfehlungen.

Der zweite Bericht, den uns Herr Dr. Moldenhauer, Berlin, über das Thema „Wasserstoffkühlung elektrischer Maschinen“ hält, befaßt sich allgemein mit den Problemen der Wasserstoffkühlung für die Maschine an sich. Nach einem Rückblick auf die historische Entwicklung werden die physikalischen Grundlagen der Wasserstoffkühlung und die daraus für die Maschine sich ergebenden Vorteile eingehend behandelt. Der Vortragende kommt dann auf die durch die Wasserstoffkühlung bedingten konstruktiven Besonderheiten, sowie auf die Maßnahmen zur Inbetriebnahme und des Außerbetriebsetzens zu sprechen. Zum Schluß werden interessante Möglichkeiten aufgezeigt, in welcher Weise man von erhöhtem Wasserstoffdruck Gebrauch machen kann.

Im dritten Fachbericht dieser Gruppe berichtet uns Herr Dr. Böcker, Mannheim, über den Entwicklungsstand im Großtransformatorenbau. Enthält doch der moderne Großtransformator sehr interessante Lösungen der Bauprobleme, die im Zuge der Entwicklung gestellt wurden. Die Ausführungen des Vortragenden interessieren uns auch besonders hinsichtlich der Transformatoren für die künftige 400 kV-Übertragung.

Wirkungsgrad und Modellausnutzung bei wasserstoffgeköhlten Maschinen

Von W. Leukert

Während in Amerika die Wasserstoffkühlung für elektrische Maschinen schon seit mehr als zwanzig Jahren auf breiter Basis ausgeführt wird, beginnt sie sich in Europa erst nach dem zweiten Weltkriege einzuführen. Die Wasserstoffkühlung hat einen erheblichen Einfluß auf den Entwurf von elektrischen Maschinen mit hohen Läuferumfangsgeschwindigkeiten. Es wird deshalb sowohl für den Besteller als auch für den Hersteller interessant sein, sich schon beim Beginn dieser Neuentwicklung für 50 Hz-Maschinen über diesen Einfluß klarzuwerden, um die Vorteile der Wasserstoffkühlung für die Dimensionierung und das Betriebsverhalten möglichst weitgehend und richtig auszunutzen. Wir wollen uns im folgenden mit dem Einfluß der Wasserstoffkühlung auf den Wirkungsgrad und auf die Modellausnutzung von 3000tourigen Turbogeneratoren, von Blindstromerzeugern und von Netzkupplungsumformern für Bahnbetrieb beschäftigen. Über die Wirkungsweise, den konstruktiven Aufbau und die Vorzüge der Wasserstoffkühlung für Maschinen in 50 Hz-Netzen hat der Verfasser bereits im Jahre 1943 ausführlich berichtet¹⁾. Für unsere Untersuchungen interessieren nur die physikalischen Eigenschaften des Wasserstoffes hinsichtlich der Dichte und der Kühlwertigkeit.

1) VDE-Vortrag „Die Wasserstoffkühlung bei elektrischen Maschinen“, veröffentlicht in der Zeitschrift E. u. M. 1943, Heft 51/52.

Die Dichte des Wasserstoffes beträgt nur $\frac{1}{14}$ der Dichte der Luft. Deshalb ermöglicht die Wasserstoffkühlung bei elektrischen Maschinen eine entsprechende Verringerung der Ventilationsverluste und damit eine Verbesserung des Wirkungsgrades. Die im Bild 1 links dargestellten Versuchsergebnisse mit einem wasserstoffgeköhlten 10 MVA-Versuchsturbogenerator der Siemens

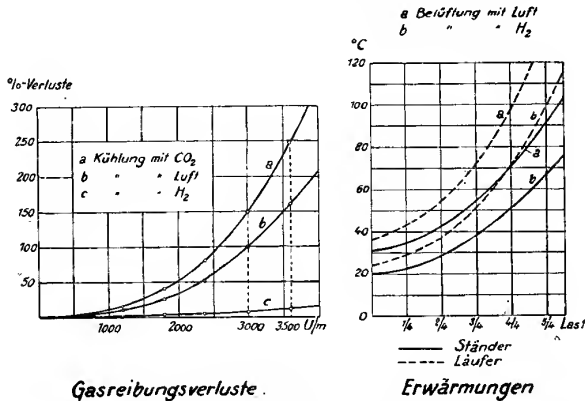


Bild 1 Gasreibungsverlust- und Erwärmungsdiagramme an einem 10 MVA-Versuchsgenerator

Schuckertwerke aus dem Jahre 1943 zeigen, daß die Ventilationsverluste bei Wasserstoffkühlung praktisch auf $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{10}$ gegenüber Luftkühlung zurückgehen. Man erkennt aus dem Bild 1 auch weiter, daß bei 3600 U/min, d. h. wenn der Generator mit 60 Hz als Netzfrequenz arbeitet, die Ventilationsverluste bei Luftkühlung um 60 % größer sind. Dies ist bekanntlich der Grund dafür, daß in Amerika der Anreiz für die Einführung der Wasserstoffkühlung wesentlich größer war als bei uns. Wegen der hohen Ventilationsverluste werden heute in Amerika alle zweipoligen Turbostromerzeuger für 3600 U/min ab 15 MVA-Einheitsleistung mit Wasserstoffkühlung ausgerüstet.

Neben der geringeren Dichte bringt die höhere Kühlwertigkeit des Wasserstoffes gegenüber Luft besondere Vorteile für den Entwurf von wasserstoffgeköhlten Maschinen. Obgleich das Wärmeleitvermögen etwa siebenmal größer ist, kann man wegen der höheren kinematischen Zähigkeit nur mit der etwa 1,5fachen Kühlwertigkeit gegenüber Luft rechnen. Wie man aus den im Bild 1 rechts dargestellten Erwärmungskurven des schon erwähnten 10 MVA-Versuchsturbogenerators erkennt, werden bei $\frac{1}{4}$ Last und Wasserstoffkühlung die gleichen Erwärmungen der Ständer- und Läuferwicklungen erreicht wie bei $\frac{3}{4}$ Last und Luftkühlung. Es ist damit durch Einführung der Wasserstoffkühlung wegen der höheren Kühlwertigkeit des Wasserstoffes bei gleicher Erwärmung eine Leistungssteigerung von 33 % möglich. Dabei betrug der innere Überdruck des Wasserstoffes im Gehäuse 0,035 kg/cm². Durch Erhöhung des Wasserstoffüberdruckes kann die Kühlwertigkeit des Wasserstoffes weiter erhöht und damit bei gleicher Erwärmung auch die Leistung weiter gesteigert werden. Auf Grund von amerikanischen Versuchen rechnet man mit einer zusätzlichen Leistungssteigerung von 15 %, wenn der Wasserstoffüberdruck im Gehäuse von 0,035 kg/cm² auf 1,05 kg/cm² erhöht wird. Wir wollen nun an Hand von einigen Beispielen untersuchen, in welchem Ausmaß man von der möglichen Leistungssteigerung mit Rücksicht auf das Betriebsverhalten und die Betriebssicherheit der Maschine Gebrauch machen soll.

Als erstes Beispiel wählen wir einen 3000tourigen Turbogenerator für 100 MVA Leistung bei $\cos \varphi = 0,8$. Die Verlustverteilung für die zu untersuchenden Ausführungsmöglichkeiten ist im Bild 2 in Balkenform dargestellt. Ausführung I betrifft die luftgekühlte Maschine, bei der Maschinenkonstante $C = \frac{N}{D^2 \cdot L \cdot n}$, die ein Maß für die Modellausnutzung ist, 7,05 betragen soll. Man erkennt, daß die Ventilationsverluste (V) den größten Anteil an den Gesamtverlusten haben und daß sie durch Einführung der Wasserstoffkühlung auf einen praktisch bedeutungslosen Anteil herabgesetzt werden können, wie es aus der Verlustverteilung der Ausführung II im Bild 2 hervorgeht. Dabei ist für die Ausführung II angenommen, daß bei Übergang auf Wasserstoffkühlung

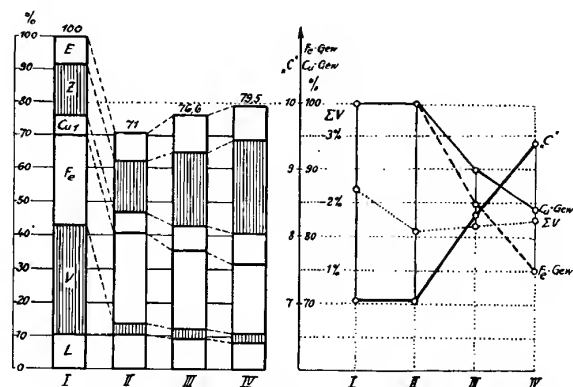


Bild 2 Modellausnutzung und Verluste an einem Turbogenerator 100 MVA ($\cos \varphi = 0,8$)

mit 0,035 kg/cm² Überdruck an den Modellabmessungen nichts geändert wurde, also die Maschinenkonstante C den gleichen Wert von 7,05 beibehält. Die Ausführungsform II bringt eine Herabsetzung der Gesamtverluste auf 71 % der Ausführung I mit Luftkühlung. Sie betragen nur 1,57 % der an den Generatorklemmen abgegebenen Wirkleistung gegenüber 2,2 % bei der Luftkühlung, so daß eine Wirkungsgradverbesserung um 0,63 Einheiten von 97,8 % auf 98,43 % eintritt.

Bei der Ausführung III ist nun wegen der höheren Kühlwertigkeit des Wasserstoffes vorerst nur eine Leistungssteigerung um 18 % durch Verkürzung der Generatorlänge bei gleichem Durchmesser angenommen. Die Maschinenkonstante C wird sich entsprechend von 7,05 auf 8,34 erhöhen. Das Gesamtkupfergewicht erniedrigt sich dabei auf etwa 90 % und das aktive Eisengewicht auf etwa 85 %. Wegen der Verkürzung der Maschinenlänge werden sich die Lagerreibungsverluste (L), die Ventilationsverluste (V) und die Eisenverluste (Fe) entsprechend verringern. Da die Leistungssteigerung vorwiegend durch eine Erhöhung des Strombelages durchgeführt werden muß, werden die zusätzlichen Verluste (Z) am stärksten, d. h. etwa quadratisch mit dem Strombelag ansteigen, wie das Bild der Verlustverteilung für die Ausführung III zeigt. Die Gesamtverluste erhöhen sich deshalb vom Minimalwert 1,57 % bei der Ausführung II auf 1,65 %, d. h. der Wirkungsgrad verschlechtert sich um ein geringes von 98,43 % auf 98,35 %.

Welche Verhältnisse ergeben sich nun, wenn man wegen der höheren Kühlwertigkeit des Wasserstoffes eine Leistungssteigerung von 33 % durch eine weitere Verkürzung der Maschinenlänge ausführt und damit die Maschine bei einem Wasserstoffüberdruck von etwa 0,035 kg/cm² thermisch voll ausnutzt? Diese thermisch voll ausgenutzte Maschine soll mit Ausführung IV bezeichnet werden. Das Gesamtkupfergewicht wird sich dabei auf etwa 84 % und das aktive Eisengewicht auf 75 % gegenüber der Normalausführung mit Luftkühlung verringern. Die Maschinenkonstante C wird den Wert von 9,4 annehmen und die Leistungssteigerung wieder vorwiegend durch eine weitere Erhöhung des Strombelages vorgenommen. Die stromunabhängigen Verluste verringern sich wegen der Verkürzung der Maschinenlänge, während die zusätzlichen Verluste wegen des sehr hohen Strombelages auf etwa 35 % der Gesamtverluste ansteigen. Die Gesamtverluste werden sich wegen der hohen zusätzlichen Verluste auf 1,76 % erhöhen, d. h. der Wirkungsgrad dieser thermisch voll ausgenutzten wasserstoffgeköhlten Maschine verringert sich auf 98,24 %. Dadurch werden fast 30 % der Einsparung an Ventilationsverlusten durch den starken Anstieg der stromabhängigen Verluste bei der Leistungssteigerung wieder verlorengehen.

Der Vollständigkeit halber sind im Bild 3 die Ergebnisse einer ähnlichen Untersuchung für die gleichen vier Ausführungsarten eines 50 MVA-Turbogenerators wiedergegeben, die grundsätzlich mit den an dem Beispiel des 100 MVA-Generators gewonnenen übereinstimmen.

Um auch die Wirkungsgradverhältnisse bei Teilbelastung klarzulegen, ist im Bild 4 sowohl für den 100 MVA-Generator als auch für den 50 MVA-Generator der Wirkungsgradverlauf in Abhängigkeit von der Belastung für die vier Ausführungsarten dargestellt. Es zeigt sich, daß bei geringer Belastung (unter $\frac{1}{2}$ Last) der Wirkungsgrad der höchst ausgenutzten Maschine am besten ist, weil die stromunabhängigen Verluste klein sind und das Optimum des Wirkungsgrades wegen der zu großen stromabhängigen Verluste zwischen $\frac{3}{4}$ - und $\frac{4}{5}$ Last liegt.

Und nun zur Diskussion der Ergebnisse dieser Untersuchungen. Vom Standpunkt des Materialaufwandes und der Herstellungskosten aus betrachtet, würde der thermisch voll ausgenutzte, wasserstoffgeköhlte Turbogenerator nach Ausführung IV vorzuziehen sein. Mit Berück-

sichtigung des Eisenmehraufwandes für das druckfeste Gehäuse würde er etwa das gleiche Gesamtgewicht haben wie ein luftgekühlter Turbogenerator und damit — abgesehen von den Kosten für die Wasserstoffüberwachung — auch die gleichen Herstellungskosten aufweisen. Vom Standpunkt der Betriebssicherheit aus soll man jedoch die durch Einführung der Wasserstoffkühlung bei Turbogeneratoren mögliche Leistungssteigerung nicht voll in Anspruch nehmen, um eine Herabsetzung der Erwärmung unserer größten und wichtigsten Stromerzeuger zu erreichen. Es werden deshalb die in unseren Beispielen

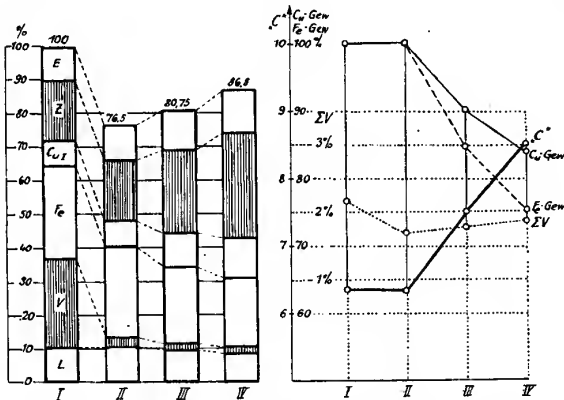


Bild 3 Modellausnutzung und Verluste an einem Turbogenerator 50 MVA (cos φ = 0,8)

als Ausführung III gekennzeichneten Maschinen zu empfehlen sein, die bei einem Wasserstoffüberdruck von etwa 0,035 kg/cm² in der Modellausnutzung um 18—20 % gegenüber den luftgekühlten gesteigert sind und die damit eine um mindestens 10° C geringere Erwärmung aufweisen werden. Auch hinsichtlich des Wirkungsgrades werden diese Maschinen zwischen 3/4- und 4/4-Last optimal sein.

Es muß mit ganz besonderem Nachdruck auf die Herabsetzung der Wicklungserwärmung hingewiesen werden, die insbesondere für die Induktorwicklung von luftgekühlten Turbogeneratoren fast ausnahmslos an die Grenzerwärmung von 95° herankommt, weil die Verlustwärmeabfuhr aus dem Läufer wegen der großen Maschinenlänge besonders schwierig ist. Wenn uns deshalb die Einführung der Wasserstoffkühlung die Möglichkeit gibt, die Wicklungserwärmung zu verringern, dann sollte man diese Gelegenheit ausnutzen, denn sie bringt eine Erhöhung der Betriebssicherheit. Ich denke dabei besonders an die Erregerspulenverformung unter Einfluß des Wärmespiels, die häufig zu Betriebsausfällen bei Turbogeneratoren führt. Unter Einfluß des Wärmespiels werden bekanntlich die unten liegenden Erregerspulen verkürzt, während die oben am Luftspalt liegenden gelegentlich verlängert werden. Diese Verkürzung und Längung tritt deshalb auf, weil die als Folge der hohen Fliehkraftdrücke auftretenden Reibungskräfte die Wärme-dehnungen der Erregerspulen hemmen. Wenn die Erregerspulen erwärmt durch Einführung der Wasserstoffkühlung herabgesetzt wird, werden sich mindestens im gleichen Ausmaß auch die gefürchteten Erregerspulenverformungen verringern.

Gegen die thermisch voll ausgenutzte wasserstoffgekühlte Maschine nach Ausführung IV sprechen auch die schon erwähnten hohen zusätzlichen Verluste, die besonders in Konstruktionsteilen, die im Bereich starker Streufelder liegen, hohe örtliche Erwärmungen und damit eine Verringerung der Betriebssicherheit herbeiführen können. Auch die amerikanische Praxis hat die Erwärmungen der Turbogeneratoren gegenüber den sonst zulässigen herabgesetzt, indem in den USA-Vorschriften für genormte Maschinen für die Ständerwicklungen 60° C und für die Erregewicklungen 85° C vorgeschrieben werden.

Es soll an dieser Stelle noch auf die Verbesserung der Kühlwertigkeit durch Erhöhung des Wasserstoffüberdruckes hingewiesen werden. Man könnte beispielsweise die erwünschte Herabsetzung der Erwärmung bei der hoch ausgenutzten Ausführung IV durch Erhöhung des Wasserstoffüberdruckes von 0,035 kg/cm² auf 1 kg/cm² herbeiführen. Es bleibt aber der Nachteil der sehr großen zusätzlichen Verluste der Ausführung IV bestehen. Außerdem bedeutet der erhöhte Wasserstoffüberdruck eine Erschwerung des Betriebes für die gasdichten Wellendurchführungen und vergrößert die Gasverluste. Man sollte deshalb beim Entwurf des Generators die Ausführung III zugrundelegen und nur für gelegentliche Überlastungen, beispielsweise bei einem Betrieb mit voller Wirklast bei schlechtem Leistungsfaktor, mit erhöhtem Wasserstoffüberdruck fahren.

Wie Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen gezeigt haben, werden bei einem 50 MVA-Turbogenerator nach Ausführung III (ca. 18 % Leistungssteigerung bei 0,035 kg/cm² Überdruck) die Mehrkosten der Wasserstoffkühlung in etwa 2—3 Jahren durch die Einsparung an Verlusten wieder eingebracht werden. Bei 3000tourigen Turbogeneratoren wird deshalb die Einführung der Wasserstoffkühlung bei Einheitsleistungen von 50 MVA aufwärts zu empfehlen sein. In den deutschen Lieferbedingungen, die in den letzten Monaten in Gemeinschaftsarbeit zwischen ZVEJ, VdEW, FNE und VDE für Turbogeneratoren aufgestellt wurden, wird aus diesem Grunde auch für die Leistungsstufen von 50 MVA aufwärts die Ausführung mit Wasserstoffkühlung vorgeschlagen.

Nachdem wir uns über die anzustrebende Ausführung der wasserstoffgekühlten Turbogeneratoren klargeworden sind, wollen wir die gleiche Untersuchung für Blindstromerzeuger anstellen.

Während der Kondensator wegen seiner geringen Verluste und Anspruchslosigkeit im Betrieb überall dort eingesetzt wird, wo es nur auf die Kompensation von induktiver Blindleistung im Netz ankommt, wird der umlaufende Blindstromerzeuger dann mit Vorteil verwendet werden, wenn er auch noch zur Verbesserung der Stabilität, insbesondere bei Fernkraftübertragungen sowie zur Oberwellenkomensation und Takthaltung im Netz beitragen soll. Wenn außerdem nicht nur die Lieferung

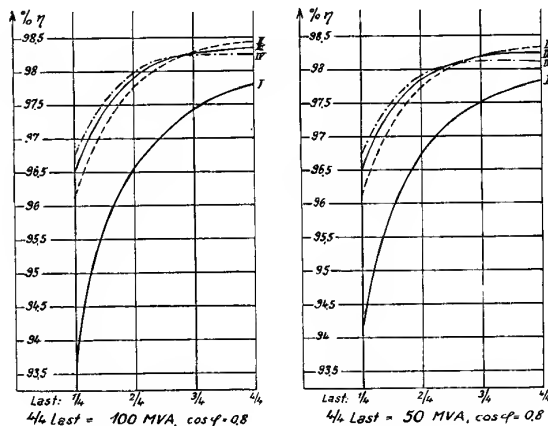


Bild 4 Wirkungsgrade von Turbogeneratoren

von induktiver, sondern auch von kapazitiver Blindleistung gefordert wird, verbunden mit einer feinstufigen Regelung, dann kommt nur der umlaufende Blindstromerzeuger in Frage, und zwar in erster Linie die Schenkelpolbauart. Durch die Einführung der Wasserstoffkühlung kann auch bei Blindstromerzeugern großer Leistung eine weitgehende Verminderung der Verluste und Einsparung an aktiven Baustoffen erreicht werden. Wir wollen den Einfluß der Wasserstoffkühlung auf die Bemessung und

auf die Verluste an Hand des Beispiels eines 10poligen Blindstromerzeugers der Schenkelpolbauart von 40 MVA Leistung untersuchen.

Im Bild 5 ist die Verlustverteilung in Balkenform für die in den früheren Beispielen gewählten vier Ausführungsarten dargestellt. Die luftgekühlte Maschine nach Ausführung I weist wegen der hohen Umlaufgeschwindigkeit des Polrades fast den gleich großen Anteil an Ventilationsverlusten auf wie der 50 MVA-Turbogenerator. Sie wird deshalb durch Einführung der Wasserstoffkühlung auch eine ähnlich günstige Verbesserung in der Verlustbilanz erfahren wie der Turbogenerator. Wenn die Wasserstoffkühlung ohne Änderung der Modellabmessung (Ausführung II) eingeführt wird, tritt durch die Verminderung der Ventilationsverluste eine Herabsetzung der Gesamtverluste auf 77 % (beim 50 MVA-Turbogenerator auf 76,5 %) gegenüber der Ausführung I mit Luftkühlung ein. Sie betragen nur noch 1,15 % der MVA-Leistung gegenüber 1,5 % bei Luftkühlung.

Wenn man wegen der höheren Kühlwertigkeit des Wasserstoffes eine Leistungssteigerung um 23 % durch Verkürzung der Maschinenlänge bei gleichem Durchmesser vornimmt, wird sich das Gesamtkupfergewicht auf etwa 92 % und das aktive Eisengewicht auf etwa 75 % verringern. Wegen der Verkürzung der Maschinenlänge werden die Lagerreibungsverluste (L), die Ventilationsverluste (V) und die Eisenverluste (Fe) entsprechend kleiner, während die zusätzlichen wieder stark ansteigen,

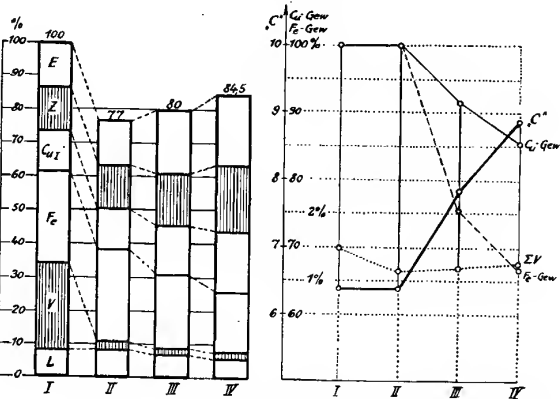


Bild 5 Modellausnutzung und Verluste an einem Blindstromerzeuger für 40 MVA

wie es das Bild der Verlustverteilung für die Ausführung III zeigt. Die Gesamtverluste erhöhen sich für die Ausführung III auf 1,2 %.

Bei der Ausführung IV ist nun durch Steigerung des Überdrucks die Kühlwertigkeit des Wasserstoffes so erhöht, daß bei gleicher Erwärmung die Modellausnutzung durch weiteres Verkürzen der Maschinenlänge um etwa 40 % gegenüber der luftgekühlten Ausführung gesteigert werden konnte. Die Steigerung des Überdruckes bei Blindstromerzeugern macht keine Schwierigkeiten, weil im Gegensatz zum Turbogenerator keine gasdichten Wellendurchführungen erforderlich sind. Auch die bei den Turbostromerzeugern so erwünschte Herabsetzung der Erwärmung ist nicht erforderlich, weil man schon bei der luftgekühlten Ausführung von Schenkelpolmaschinen wegen der durch die geringe Maschinenlänge günstigeren Wärmeabfuhrverhältnisse nicht an die zulässigen Erwärmungsgrenzen herangehen muß. Schwierigkeiten durch das Wärmespiel sind deshalb bei dieser Maschinenart nicht zu befürchten. Wie die Verlustverteilung für die Ausführung IV zeigt, ist auch der Anteil der zusätzlichen Verluste wesentlich geringer als beim Turbogenerator. Aus dem Bild 6 über die Verluste in Abhängigkeit von der Belastung geht hervor, daß die Maschine mit der höchsten Modellausnutzung nach Ausführung IV nur zwischen 3/4- und 4/4 Last hinsichtlich der Verluste un-

günstiger ist als die weniger ausgenutzte nach Ausführung III. Wenn also der Blindstromerzeuger nicht dauernd mit Vollast betrieben wird, sollte man eine möglichst hoch ausgenutzte Maschine mit erhöhtem Wasserstoffüberdruck wählen, weil sie am wirtschaftlichsten sein wird.

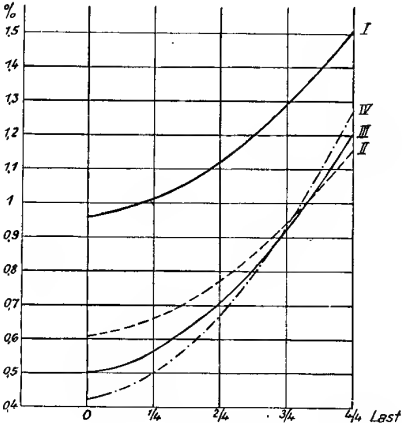


Bild 6 Verluste an Blindstromerzeugern für 40 MVA

Wir wenden uns nun dem letzten Beispiel für wasserstoffgekühlte Maschinen, dem Umformer zur Speisung eines 16 2/3 Hz-Bahnnetzes aus einem 50 Hz-Drehstromnetz zu.

Die Umformer sind für alle jene Vollbahn-Elektrisierungsprojekte von Bedeutung, bei denen die Energie für 16 2/3 Hz-Fahrzeuge durch Umformung aus dem Netz der allgemeinen Landesversorgung entnommen werden soll und Schwierigkeiten im Parallelbetrieb, unsymmetrische und Oberwellenbelastung des Drehstromnetzes sowie Fahrdrachtunterbrechungen nicht auftreten dürfen. Umformer, die diese Bedingungen erfüllen, erfordern einen hohen Materialaufwand und haben einen verhältnismäßig schlechten Jahreswirkungsgrad. Es soll deshalb am Beispiel eines 500tourigen asynchronen Umformers von 24 MVA Leistung bei $\cos \varphi = 0,75$ für 50/16 2/3 Hz untersucht werden, welche Vorteile die Wasserstoffkühlung hinsichtlich der Modellausnutzung der Maschinen und des Wirkungsgrades bringen kann.

Bild 7 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung für die in den früheren Beispielen gewählten Ausführungsarten, links für die Einphasen-Synchronmaschine und rechts für die Asynchronmaschine. Ausführung I gilt wieder für die luftgekühlten und Ausführung II für die wasserstoffgekühlten Maschinen bei gleichen Modellabmessungen und einem Wasserstoffüberdruck von 0,035 kg/cm². Der

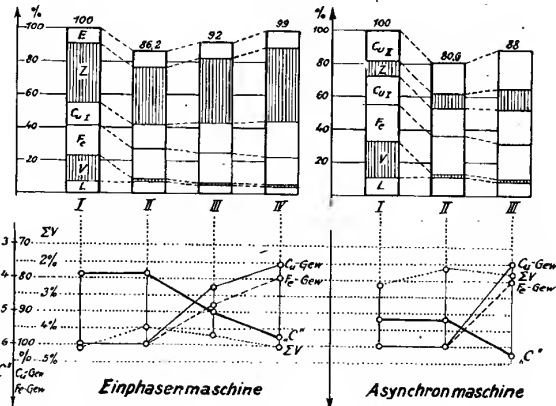


Bild 7 Modellausnutzung und Verluste an einem Netzkupplungs-umformer 24 MVA ($\cos \varphi = 0,75$)

Gewinn an Ventilationsverlusten (V) ist hier geringer, weil die Umfangsgeschwindigkeiten bei der $16\frac{2}{3}$ Hz-Einphasenmaschine verhältnismäßig niedrig sind. Da bei der $16\frac{2}{3}$ Hz-Einphasenmaschine auch die Eisenverluste klein sind, betragen die stromabhängigen Verluste bei Vollast fast 70 % der Gesamtverluste bei Ausführung III und fast 78 % der Gesamtverluste bei Ausführung IV, d. h. wir nähern uns schon Verhältnissen, wie sie hinsichtlich der Verlustverteilung bei Transformatoren vorliegen.

Bei der Ausführung III ist eine Leistungssteigerung von 28 % angenommen worden, und dabei tritt eine Verminderung des Kupfergewichtes auf 83 % und des aktiven Eisengewichtes auf 88 % ein. Für die Ausführung IV ist wegen der verbesserten Kühlung durch Erhöhung des Wasserstoffüberdruckes von $0,035 \text{ kg/cm}^2$ auf 1 kg/cm^2 die Maschinenlänge nochmals gegenüber der Ausführung III um 15 % verkürzt und damit die Modellausnutzung um insgesamt 47 % gegenüber der luftgekühlten Maschine bei gleicher Erwärmung erhöht worden. Es tritt dabei eine Verminderung des Kupfergewichtes auf 76 % und des aktiven Eisengewichtes auf 80 % ein. Die Verlusteinsparung durch die Verminderung der Ventilationsverluste wird durch die Erhöhung der stromabhängigen Verluste bei dieser starken Modellverkleinerung praktisch wieder aufgehoben, so daß die Einphasenmaschine nach Ausführung IV bei Vollast etwa die gleichen Verluste aufweist, wie die luftgekühlte Maschine. Die Vorteile dieser Ausführung wirken sich erst bei Teilbelastung der Maschine aus. Es sei noch darauf hingewiesen, daß in den mit Z bezeichneten zusätzlichen Verlusten der Einphasenmaschine im Bild 7 auch die durch den gegenläufigen Strom in der Dämpferwicklung verursachten Kupferverluste enthalten sind.

Bei der Asynchronmaschine ist beim Übergang von Ausführung II auf Ausführung III eine Leistungssteigerung von 19 % angenommen worden. Eine noch höhere Leistungssteigerung ist bei der Asynchronmaschine mit Rücksicht auf die Überlastbarkeit und auf die Kommutatorhintermaschinen nicht zweckmäßig, deshalb fällt auch hier die Ausführungsform IV weg. Durch die 19 %ige Leistungssteigerung vermindert sich das Kupfergewicht auf 75 % und das aktive Eisengewicht auf 81 %. Die Gesamtverluste bei der Ausführung III der Asynchronmaschine vermindern sich auf 2,3 % gegenüber 2,7 % bei der luftgekühlten Ausführung I.

Eine Diskussion der Ergebnisse erfolgt am besten an Hand der Umformerwirkungsgrade im Bild 8 (ohne Berücksichtigung der Verluste in den gegebenenfalls vorhandenen Kommutatorhintermaschinen). Man erkennt daraus, daß die Wasserstoffkühlung im günstigsten Fall der Ausführung II zwischen $\frac{1}{4}$ - und $\frac{3}{4}$ -Last 1 bis 1,5 Punkte Verbesserung im Wirkungsgrad gegenüber der Luftkühlung bringt. Es zeigt sich auch, daß der Hauptgewinn an Wirkungsgrad bei geringer Belastung liegt, beispielsweise bei $\frac{1}{4}$ -Last 4 Punkte bei Ausführung I und fast

5,5 Punkte bei Ausführung IV. Günstige Teillastwirkungsgrade sind aber gerade beim Umformerbetrieb für einen guten Jahreswirkungsgrad von großer Bedeutung. Man wird deshalb für Bahnnumformer die Ausführung IV empfehlen müssen, weil sie im Bahnbetrieb einen günstigen Jahreswirkungsgrad und die niedrigsten Erstellungskosten aufweisen wird. Der Betrieb mit erhöhtem Wasserstoffüberdruck wird keine Schwierigkeiten machen, weil gasdichte Wellendurchführungen bei Ausführung eines gemeinsamen Gehäuses nicht erforderlich sind. Wenn man die Umformer in Freiluftausführung in einer

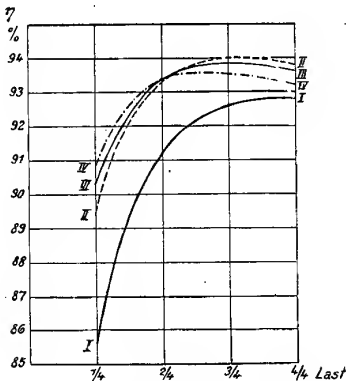


Bild 8 Wirkungsgrade von Netzkupplungsumformern 24 MVA
($\cos \varphi = 0,75$)

Grube aufstellt, kann man auch auf die explosions sichere Ausführung des Gehäuses verzichten. Neben der Einführung der Wasserstoffkühlung sollte man bei asynchronen Umformern zur Stromversorgung des Bahnnetzes aus dem Drehstromnetz den Regelbereich verkleinern, um einen noch höheren Wirkungsgrad und niedrigere Erstellungskosten zu erreichen. Besondere Vorteile würden sich in dieser Richtung durch Ausführung der Asynchronmaschine mit Kurzschlußläufer ergeben, wenn man aus bahntechnischen Gründen nicht die synchrone Bauart wasserstoffgekühlter Umformer wählen kann.

Das Ergebnis unserer Untersuchungen über Wirkungsgrad und Modellausnutzung bei Einführung der Wasserstoffkühlung ist kurz zusammengefaßt folgendes:

1. bei Turbogeneratoren sollte man durch mäßige Steigerung der Modellausnutzung einen möglichst hohen Wirkungsgrad und eine Herabsetzung der Erwärmung anstreben;
2. bei Blindstromerzeugern und Netzkupplungsumformern für Bahnbetrieb sollte man zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit eine möglichst hohe Modellausnutzung, gegebenenfalls unter Anwendung erhöhten Wasserstoffüberdruckes, ausführen.

Wasserstoffkühlung elektrischer Maschinen

Von F. Moldenhauer

Der Gedanke, Wasserstoff an Stelle von Luft zur Kühlung zu verwenden, ist bereits 1915 einem Deutschen namens Schuler patentrechtlich geschützt worden. Der Hauptpatentanspruch lautet: „Elektrische Maschine, dadurch gekennzeichnet, daß der Anker in Wasserstoff läuft, zum Zweck, bei geringer Reibung und Ventilationsarbeit eine gute Kühlung des Ankers zu erhalten, wobei der Anker als Ventilator ausgebildet sein kann, der den erwärmten Wasserstoff in einen Kühler drückt und den hierin gekühlten Wasserstoff wieder in die Maschine einsaugt.“ Der Erfinder hatte also die charakteristischen Vorteile des Wasserstoffs zum Kühlen klar erkannt. Die

Erfindung war jedoch, wie die Entwicklung gelehrt hat, ihrer Zeit weit voraus.

Im Jahre 1920 wurde von einer deutschen Firma ein kleiner Versuchsgenerator gebaut, der vergleichsweise mit verschiedenen Gasen, darunter auch mit einer Mischung von Wasserstoff und Methan, also Leuchtgas, betrieben wurde. Nach umfangreichen Versuchen wurde dann 1923 von Pohl [1] im Archiv für Elektrotechnik über die Untersuchungen berichtet, wobei auch vergleichende Betrachtungen über die Kühlwertigkeit verschiedener Gase angegeben wurden, nachdem der Begriff der Kühlwertigkeit genau definiert worden war. In der damaligen Zeit

kam es jedoch noch nicht zu einer praktischen Anwendung der gewonnenen Erkenntnisse, vor allem deswegen, weil die seinerzeit im Elektromaschinenbau üblichen Leistungen noch durchaus mit Luft als Kühlmittel bewältigt werden konnten.

Einen wesentlich größeren Anreiz zur Einführung der Wasserstoffkühlung bot die in USA übliche Netzfrequenz von 60 Hz. Die mit dieser Frequenz arbeitenden Maschinen haben bekanntlich eine um 20 % höher liegende Drehzahl als die Maschinen für 50 Hz. Nimmt man in erster Näherung an, daß sich die Luftreibung mit der 2½fachen Potenz der Drehzahl ändert, so ergibt dies bei 60 Hz gegenüber 50 Hz eine Zunahme der Luftreibungsverluste um etwa 60 %. Damit werden aber die Luftreibungsverluste derartig groß, daß zweipolige Turbogeneratoren mit 3600 U/min höchstens bis zu etwa 40 000 kVA mit vertretbaren Wirkungsgraden gebaut werden können. Im Jahre 1925 wurde daher in USA eine Versuchsmaschine von etwa 6500 kVA mit Wasserstoffkühlung gebaut, nachdem vorher gründliche Laboratoriumsuntersuchungen über den Umgang mit Wasserstoff und seine Eigenschaften angestellt worden waren. Besonders D. S. Snell hat sich hierbei Verdienste erworben.

Nach den günstigen Ergebnissen, die an der Versuchsmaschine erzielt worden waren, ging man dann in USA dazu über, größere Einheiten mit Wasserstoffkühlung zu bauen. Etwa 80 % aller in den USA in den letzten 20 Jahren gebauten Turbogeneratoren sind wasserstoffgekühlt. Die Erfahrungen, die man mit diesen Maschinen gemacht hat, sind völlig zufriedenstellend. Es versteht sich von selbst, daß zu Beginn einige Kinderkrankheiten überwunden werden mußten, jedoch ist es an keiner Stelle zu ernsthaften Schwierigkeiten gekommen. Die untere Leistungsgrenze, bis zu der jetzt ausnahmslos Wasserstoffkühlung angewendet wird, beträgt 15 000 kVA. In Europa wurde, soweit bekannt, nächst der im Jahre 1920 in Deutschland gebauten Versuchsmaschine eine weitere, diesmal von etwa 10 000 kVA, im Jahre 1939, ebenfalls in Deutschland, gebaut. Diese bewies in umfangreichen Versuchen ihre Betriebstüchtigkeit auf dem Prüfstand, worüber von Leukert [2] 1943 in Eu. M. berichtet wurde.

Der Hauptgrund, warum in Deutschland keine Maschinen für den praktischen Betrieb in Auftrag gegeben wurden, war der, daß im Krieg kaum eine Möglichkeit bestand, die zusätzlichen Eisenmengen genehmigt zu bekommen, die wegen der druckfesten Ausführung benötigt wurden. Weiterhin bestanden Schwierigkeiten in der Beschaffung von hochwertigem Dynamoblech und einigen sonstigen Materialien, z. B. auch von guten Kühlerrohren. Nach 1945 fielen diese Beschränkungen in den anderen europäischen Ländern schneller als in Deutschland, so daß bereits in der Schweiz, in England und in Frankreich Wasserstoffmaschinen gebaut und ausgeliefert wurden. Erfreulicherweise ist nun auch in Deutschland der Bann gebrochen, wo alle drei Großfirmen wasserstoffgekühlte Turbogeneratoren in Bau haben, die zum Teil kurz vor der Ablieferung stehen. Ein deutscher Besteller hat darunter die größten Maschinen der Welt für 50 Hz in Auftrag gegeben, die bei Erhöhung des Wasserstoffdruckes 100 000 kW bei $\cos \varphi = 0,7$, also 143 000 kVA abzugeben imstande sind. Bei einem Leistungsfaktor von 0,8, der allerdings der Turbinen wegen nicht gefahren werden kann, wären die Generatoren in der Lage, etwa 153 000 kVA abzugeben. Dazu kommen noch erschwere Bedingungen hinsichtlich Kurzschlußverhältnis und einphasiger Belastbarkeit, so daß auf die normalen Bedingungen von 12,5 % in versem Feld und einem Leerlaufkurzschlußverhältnis von 0,6 bei normalem Wasserstoffdruck bezogen, die Leistung des Modells noch mehr als 153 000 kVA bei erhöhtem Wasserstoffdruck betragen würde.

Welchen physikalischen Eigenschaften sind nun die erstaunlichen Vorteile zuzuschreiben, die mit der Anwendung von Wasserstoff erreicht werden? Als wesentliches ist dies das spezifische Gewicht, welches nur 7 % des Wertes von Luft beträgt. Die Gasreibungsverluste und die Ventilationsarbeit sind nun dem spezifischen Gewicht annähernd proportional, daher fallen diese Beträge, die bei Luftmaschinen einen bedeutenden Teil der Verluste ausmachen, auf einen sehr geringen Bruchteil ab. Trägt man bei einer luftgekühlten Maschine die Verluste für die verschiedenen Typen über der Leistung auf, so erkennt man, daß etwa von 20 bis 25 MVA an die Luftreibungsverluste den größten Einzeleposten der Verluste darstellen, die man üblicherweise in Eisen-, Kurzschluß-, Lagerreibungs-, Induktor-, Erregermaschinen- und Luftreibungsverluste unterteilt. Es versteht sich von selbst, daß mit dem Absinken der Gasreibungsverluste ein beachtlicher Gewinn an Wirkungsgrad erzielt wird.

Die Wärmeleitfähigkeit von Wasserstoff ist etwa 6,7mal so groß wie die der Luft, hierdurch ist eine gesteigerte thermische Ausnutzung der Maschine möglich, d. h. aus einem bestimmten Modell kann bei Wasserstoffkühlung eine größere Leistung als bei Betrieb mit Luft entnommen werden, ohne daß die Wicklungstemperaturen ansteigen. Allerdings ist die Wärmeabfuhr nicht der Wärmeleitfähigkeit proportional, sondern etwa der vierten Wurzel aus der Wärmeleitfähigkeit. Berücksichtigt man die bei der in elektrischen Maschinen stets vorhandenen turbulenten Strömung geltenden Gesetze, so kommt man recht genau auf eine 1,5fache Kühlwertigkeit von Wasserstoff im Verhältnis zur Luft. Da jedoch nicht allein die thermische Ausnutzung der Maschine bei der Steigerung der Leistung eine Rolle spielt, sondern auch die Frage der Stabilität, welche einer zu hoch getriebenen thermischen Ausnutzung eine Grenze setzt, so resultiert schließlich etwa eine 25prozentige Steigerung der Leistung bei einem für Luft gebauten Modell, das naturgemäß auch in der inneren Auslegung und Dimensionierung einigen Änderungen unterzogen werden muß, um eine wohlausgewogene Maschine zu erhalten. Hierbei kann dann für die Lebensdauer der Maschine in vorteilhafter Weise eine Verringerung der Wicklungstemperaturen erreicht werden.

Ein ungefähres Bild über die erzielbaren Wirkungsgradverbesserungen in Abhängigkeit von der Maschinenleistung kann man sich in folgender Weise machen: Innerhalb eines gewissen Streubereiches, der sich mit der Konstruktion etwas verändert und daher auch bei den verschiedenen Lieferfirmen etwas variiert, kann man bei luftgekühlten Generatoren von 25 MVA an die Luftreibungsverluste in Prozent der Generatorwirkleistung beim Leistungsfaktor 0,8 etwa durch die Gerade

$0,7 + 0,45 \frac{N}{100}$ ersetzen, wobei N die Leistung in MVA darstellt. Das Modell ist bei Wasserstoffkühlung, wie bereits erwähnt, 0,8fach kleiner, so daß sich in Luft ein Luftreibungsverlust von nur

$$0,7 + 0,8 \cdot 0,45 \frac{N}{100} \text{ ergeben würde.}$$

In Wasserstoff kann bei Berücksichtigung der Reibungsverluste der Wellendichtung etwa mit 9 % als Gasreibungsverluste gerechnet werden, so daß sich der Gewinn an Wirkungsgrad durch die erste Gleichung abzüglich der mit 0,09 multiplizierten zweiten Gleichung ergibt:

$0,64 + 0,42 \frac{N}{100}$ (gültig ab 25 MVA). Für eine 62,5 MVA-Maschine ergibt sich also eine Verbesserung des Wirkungsgrades von etwa 0,9 %. Selbst bei einem 25 MVA-Generator erzielt man noch einen Gewinn von etwa 0,7 %. Bei darunter liegenden Leistungen gilt die durch die Gleichung wiedergegebene Gerade nicht mehr, da dann die Reibungsverluste auch bei Luft bereits stark abfallen, daher ist auch der erzielbare Vorteil bei Ver-

wendung von Wasserstoffkühlung gering. Von den augenblicklich in der Normung befindlichen Generatorvorstypen dürfte daher der Generator für 31 250 kVA mit Sicherheit der kleinste sein, bei dem sich die Wasserstoffkühlung noch lohnen kann, da die nächstkleinere Type bereits nur noch 15 625 kVA beträgt.

Infolge der erhöhten Wärmeabfuhrziffern und der kleineren umgewälzten Gasmenge werden auch die Kühler merklich kleiner als für Luft. Dieser Umstand ist für die Konstruktion von besonderer Bedeutung, da die Kühler nicht wie bei einem Luftgenerator an beliebiger Stelle angeordnet werden können, sondern mit Rücksicht auf die explosionsichere Ausführung innerhalb des druckfesten Gehäuses eingebaut werden müssen.

Bei luftgekühlten Maschinen trifft man bekanntlich besondere Maßnahmen, um Glimmentladungen sowohl in der Nut als auch beim Austritt des Stabes aus der Nut zu vermeiden. Die Glimmentladungen treten auf, wenn Luft mit einem anderen Dielektrikum, z. B. der Stabisolation mit höherer Dielektrizitätskonstante, elektrostatisch in Reihe geschaltet ist. Infolge des Glimmens bildet sich in Gegenwart von Luft Ozon und weiterhin bei Anwesenheit von Wasser in Form von Feuchtigkeit salpetrige Säure, welche zerstörend auf den Papieranteil der Isolation einwirkt. Die Folgen hiervon kann man an Punktierungen der Isolation von Maschinen beobachten, welche lange Jahre in Betrieb waren. Allerdings wird der Glimmer durch das Glimmen nicht angegriffen, lediglich das Papier. In der Wasserstoffatmosphäre treten die Glimmentladungen bereits bei geringerer Spannung als in Luft auf, jedoch sind sie unschädlich und vermögen wegen Fehlens der Luft kein Ozon zu bilden, so daß auch der Papieranteil der Isolation nicht angegriffen wird. Nach amerikanischen Erfahrungen soll in einer Wasserstoffatmosphäre auch die Isolation länger geschmeidig bleiben als in Luft.

Als besonderer Vorteil der Wasserstoffkühlung darf auch die Unmöglichkeit von Wicklungsbränden betrachtet werden, da kein Sauerstoff vorhanden ist. Weiterhin ist der wesentlich geräuschärmere Lauf in einer Wasserstoffatmosphäre eine recht angenehme Zugabe.

Als normaler Wasserstoffbetriebsdruck hat sich ein Überdruck von 0,035 kg/cm² im Gehäuse eingebürgert. Durch Steigerung des Druckes läßt sich eine bedeutende Erhöhung der Kühlwertigkeit des Gases erreichen. Die Wärmeleitfähigkeit wird überraschenderweise durch den Druck nicht verändert, wenn man von Drücken in der Nähe des absoluten Vakuums absieht, die hier keine Rolle spielen. Die Wärmeleitung entsteht bekanntlich durch den Energieaustausch beim Zusammenstoß der Moleküle. Da sich nun beispielsweise beim doppelten Druck die Zahl der Molekülzusammenstöße verdoppelt, so sollte man annehmen, daß dadurch die Wärmeleitfähigkeit ebenfalls vergrößert wird. Daß dies nicht der Fall ist, erklärt sich dadurch, daß bei Verdoppelung des Druckes gleichzeitig die freie Weglänge zwischen zwei Molekülzusammenstößen auf die Hälfte sinkt. Die Zahl der Zusammenstöße wird zwar verdoppelt, aber infolge der nur noch halben freien Weglänge wird der Impuls bzw. die Energie nur noch über die halbe Strecke transportiert. Die Wärmeleitfähigkeit wird also durch den Druck nicht beeinflusst. Die Kühlwertigkeit eines Gases hängt aber außerdem noch von der 0,75ten Potenz des spezifischen Gewichtes ab. Dieses steigt dem Druck direkt proportional an. Daher müßte bei Verdoppelung des Druckes die Kühlwertigkeit des Gases auf das 2^{0,75}fache, d. h. das 1,7fache steigen, was in Laboratoriumsuntersuchungen auch bestätigt wurde. In den Generatoren findet man allerdings einen geringeren Wert. Mangels ausreichender eigener Messungen müssen wir uns vorerst noch mit den amerikanischen Angaben begnügen. Diese lassen bei Steigerung des Wasserstoffüberdruckes von 0,035 auf 1 kg/cm², also von etwa 1 auf

2 ata, eine Steigerung der Induktorverlustleistung um einen Betrag zu, der einer Steigerung der Scheinleistung bei unverändertem Leistungsfaktor von 15 % entspricht. Welchen Gebrauch man von der Belastungsfähigkeit bei erhöhtem Druck machen kann, soll etwas später behandelt werden. Vorerst wollen wir uns einigen konstruktiven Besonderheiten zuwenden.

Allen bisher genannten Vorzügen der Wasserstoffkühlung steht als Hauptnachteil gegenüber, daß Wasserstoff ein brennbares Gas und in Mischung mit Luft explosionsfähig ist. Beträgt in einem Wasserstoff-Luft-Gemisch der Wasserstoffanteil zwischen 4 und 75 %, so ist das Gemisch explosibel. Diese Mischung ist als Knallgas bekannt. Wie ausgedehnte Untersuchungen gezeigt haben, sind allerdings die auftretenden Drücke keineswegs so hoch, wie man vielleicht meinen sollte, sondern betragen in nicht unterteilten Räumen nur maximal 6,8 atü. Bei stark unterteilten Räumen, wie sie in elektrischen Maschinen allerdings vorliegen, kann durch Verdichtungen eine Steigerung des Druckes auftreten, weil die Explosion nicht an allen Stellen gleichmäßig auftritt. Es genügt aber durchaus, das Gehäuse für einen Druck von etwa 10 bis 12 atü mit den üblichen Sicherheitszuschlägen zu dimensionieren und abzapfen.

Der Bau von Gehäusen mit einer entsprechenden Widerstandsfähigkeit macht keine Schwierigkeiten. Es darf hervorgehoben werden, daß man zwar alle Vorsichtsmaßnahmen trifft, um eine Explosion zu vermeiden, daß aber eine dennoch auftretende Explosion eben wegen der druckfesten Ausführung keinen Schaden anrichten kann. Während man bei Phasenschiebern und bei Frequenzumformern für Bahnzwecke alle rotierenden Teile im druckfesten Gehäuse unterbringen kann, muß man bei Turbogeneratoren mindestens eine, meistens jedoch zwei gasdichte Wellendurchführungen vorsehen. Die Wellendurchführung auf der Antriebsseite wird in jedem Fall benötigt, auf die zweite könnte unter Umständen verzichtet werden, wenn man die Erregermaschinen nicht ankuppelt, sondern als getrennte Maschinensätze mit eigenem Antrieb ausführt. Die Abdichtung wird im wesentlichen dadurch erreicht, daß unter Zuhilfenahme geeigneter stillstehender Dichtungsringe Drucköl zwischen die umlaufende Welle und die stillstehenden Teile gepreßt wird, wodurch dem Wasserstoff bis auf einen ganz geringen Teil der Durchtritt zwischen diesen Teilen versperrt wird. Bei manchen Konstruktionen ist die Anordnung so getroffen, daß die Lager als zusätzliche Dichtungen dahintergeschaltet sind, wodurch der Wasserstoffverlust auf ein Minimum beschränkt wird. Es gibt Dichtungen, bei denen die Dichtungsfläche die Welle in Zylinderform umgibt, und solche, bei denen die Dichtungsfläche durch einen Scheibenring senkrecht zur Maschinenachse gebildet wird.

Der Wasserstoffverbrauch ist von der Konstruktion der Dichtung abhängig und beträgt im Mittel etwa 2 bis 3 m³ je Tag bei einem normalen Wasserstoffdruck von 350 mm WS. Da die Füllung einer normalen Wasserstoffflasche 40 Liter bei einem Druck von 150 atü beträgt, bei Atmosphärendruck also 6 m³, und etwa 1 DM kostet, so ergibt sich ohne Neufüllung ein Jahresaufwand von etwa 150 bis 200 DM. Für eine Füllung muß man etwa das 2- bis 2,5fache Maschinenvolumen einsetzen, für eine Maschine mit einem Rauminhalt von z. B. 40 m³ also 100 m³ mit einem Kostenaufwand von 17 DM. Der angelieferte Wasserstoff hat in den Flaschen höchstens 0,3 % Verunreinigungen.

Für eine Neufüllung bzw. eine Entleerung kommen noch die Kosten für die Kohlensäure hinzu. Man muß nämlich bei einer Füllung zur Vermeidung von Knallgasbildung zunächst die im Generator befindliche Luft durch ein neutrales Zwischengas verdrängen, wozu Kohlensäure dient. Da diese ein größeres spezifisches Gewicht als Luft hat, wird sie unten im Gehäuse unter

einem geringen Überdruck eingeblasen, wobei dafür gesorgt wird, daß die Luft bzw. falls schon eine Mischung eintritt, das Luft-Kohlensäure-Gemisch oben austreten kann. Die Konzentration des austretenden Gemisches wird laufend gemessen und der Füllvorgang so lange fortgesetzt, bis das austretende Gemisch etwa 75 % Kohlensäure und 25 % Luft enthält. Dann wird wegen des geringeren spezifischen Gewichtes des Wasserstoffes von oben mit der Einfüllung von Wasserstoff begonnen, wobei das Kohlensäure-Luft-Gemisch unten herausgedrückt wird. Dieser Vorgang wird so lange fortgesetzt, bis ein ausreichender Reinheitsgrad des Wasserstoffes erreicht ist, was durch Konzentrationsmeßgeräte laufend überwacht wird. Dann kann die Maschine in Betrieb genommen werden. Der Reinheitsgrad des Wasserstoffes im Betrieb wird es auf 96 bis 99 % gehalten. Die Kohlensäure wird in Flaschen mit einem Inhalt von etwa 20 kg angeliefert, die bei Atmosphärendruck und 20° etwa 11 m³ Kohlensäure enthalten, die ca. 12 DM kosten. Bei einer Füllung wird rund das 1,3fache Maschinen-volumen an Kohlensäure benötigt, für eine Maschine mit 40 m³ also etwa 50 m³ Kohlensäure, die etwa 55 DM kosten.

Bei der Entleerung der Maschine wird in umgekehrter Weise wie beim Füllen vorgegangen, d. h. der Wasserstoff wird nicht direkt durch Luft, sondern erst wieder durch Kohlensäure als neutrales Zwischengas vertrieben, die wiederum von unten eingeleitet wird. Insgesamt wird man also mit jährlichen Kosten für Wasserstoff und Kohlensäure von nur einigen hundert Mark rechnen müssen, also ein praktisch vernachlässigbarer Betrag.

Über den Wasserstoffverbrauch bei Betrieb mit erhöhtem Wasserstoffdruck liegen zur Zeit noch keine ausreichenden eigenen Meßunterlagen vor. Aus der Patentliteratur sind auch Versuche bekannt, bei der Neufüllung eines Generators auf die Zwischenfüllung mit Kohlensäure zu verzichten und statt dessen den Generator vorher zu evakuieren. Dieses Verfahren hat aber, soweit bekannt, bisher keinen Eingang in die Praxis gefunden. Es will auch scheinen, als ob damit keine besondere Vereinfachung zu erreichen ist.

Einige Aufwendungen sind immerhin mit der Ölversorgung der Wellenabdichtungen verbunden, die von dem Lagerölkreislauf getrennt geführt wird. Die Hauptteile der Dichtungsölversorgung sind ein Vorratsbehälter, eine Ölpumpe bzw. Reserveölpumpen, Entgasungsbehälter und Druckregler. Für die radial wirkende Dichtungskonstruktion ist ferner u. U. eine Evakuierungsanlage für das Öl notwendig, da sonst zuviel in dem Öl gelöste Luft in den Generatorkreislauf gelangt. Es gibt allerdings auch ein sogenanntes kontinuierliches Absaugverfahren, bei dem die Vakuumbehandlung des Oles überflüssig wird. Besonders erleichtert wird dies bei der axial wirkenden Dichtungskonstruktion, bei welcher nach der Wasserstoffseite der Dichtung hin nur sehr wenig Öl gelangt, weil der Hauptteil durch die Fliehkraft nach der Luftseite der Dichtung hin befördert wird. Außer den genannten Teilen gehören natürlich zur Ölversorgung noch eine Reihe von Überwachungs- und Alarminrichtungen, auf die hier im einzelnen einzugehen nicht der Ort ist.

Auch der Gaskreislauf erfordert eine Reihe von Regel- und Überwachungseinrichtungen. Nächst den Reduzierventilen an den Wasserstoffflaschen ist ein Sollwerteneinsteller bzw. -regler für den Wasserstoffdruck in der Maschine vorzusehen. Die Messung der Wasserstoffkonzentration erfolgt mit einem oder mehreren Geräten, die auf dem Prinzip des erprobten Rauchgasprüfers beruhen, wobei in einer Brückenschaltung die Wärmeleitfähigkeit des zu prüfenden Gases mit einem reinen Gas bekannter Wärmeleitfähigkeit verglichen wird. Da die Unterschiede der Wärmeleitfähigkeit von reinem Wasserstoff gegenüber einem Gemisch mit einigen Prozenten Luft sehr groß sind, ist diese Meß-

methode sehr empfindlich. Die Meßwerte werden zur größeren Sicherheit registriert und ferner wird bei Unterschreitung eines einstellbaren Betrages, etwa 95 % Gehalt an Wasserstoff, Alarm gegeben.

Zur Kontrolle dieses Gerätes dient ein zweites, das auf einem anderen physikalischen Prinzip beruht. Man macht hierbei von der Tatsache Gebrauch, daß die spezifischen Gewichte von Wasserstoff und Luft sehr verschieden sind und mißt in einfacher Weise die Druckdifferenz am Lüfter, die infolge der konstanten Drehzahl ein direktes Maß für das spezifische Gewicht und damit bei einer geeigneten Druck- und Temperaturkompensation für die Wasserstoffkonzentration ist. Selbstverständlich sind neben einer Reihe von Druckmeßgeräten, die mit Alarminrichtungen versehen sind, auch eine Reihe von Temperaturmeßgeräten im Generator angeordnet. Besonders bei der radial wirkenden Oldichtung, die etwas von dem Laufzustand der Maschine abhängt, empfiehlt sich der Einbau von Schwingungsgeräten in die Generatorlager, so daß man jederzeit ein objektives Bild über die Laufruhe der Maschine hat. Schließlich ist ein Gerät zum Nachweis von eventuellem Wasser im Generator erforderlich.

Für die Anordnung der Lager gibt es zwei verschiedene Ausführungsformen. Einmal kann man die Lager, ähnlich wie bei luftgekühlten Maschinen, außerhalb des Gehäuses anordnen, wobei die Wellenabdichtungen in den Gehäuseschilden eingebaut werden. Zum anderen kann eine Lagerschildtype gewählt werden, bei der sowohl die Lager als auch die Dichtungen in den Schilden angeordnet sind. Es kann bisher noch kein endgültiges Urteil abgegeben werden, welcher der beiden Ausführungsformen der Vorzug gegeben werden muß.

Der notwendigen Druckfestigkeit des Gehäuses wegen erhält die äußere Generatorverkleidung etwa die Form eines zylindrischen Kessels, der zur Maschinenachse sowohl zentrisch als auch exzentrisch liegen kann, je nach Anordnung der Gaskühler. Werden diese, in vier Elemente aufgeteilt, senkrecht angeordnet, so liegt die Maschinenachse zentrisch zur Gehäuseachse. Die Kühler können aber auch horizontal angeordnet werden, dann liegt das Gehäuse exzentrisch. Aber auch in diesem Falle der horizontal liegenden Kühler müssen diese in vier Elemente unterteilt sein, um der Forderung Rechnung tragen zu können, daß der Generator noch mit 2/3-Last in Betrieb bleiben kann, wenn ein Kühlerteil zur Reinigung außer Betrieb ist, wobei er allerdings nicht ausgebaut werden kann.

Während also das Aussehen einer wasserstoffgekühlten Maschine von dem einer Luftmaschine ziemlich abweicht, unterscheiden sich sowohl der Induktoraufbau als auch das Blechpaket und die Ständerwicklungen nur insofern, als den veränderten Abkühlungsverhältnissen entsprechend andere Abmessungen verwendet werden. Auch die Gasführung im Gehäuse wird meistens anders als bei Luft vorgenommen. Die Schleifringe werden der besseren Zugänglichkeit wegen außerhalb der Wasserstoffatmosphäre angeordnet. Die Verbindung zwischen der Induktorwicklung und den Schleifringen wird gasdicht innerhalb der Welle geführt. Selbstverständlich müssen alle Durchbrüche durch das Gehäuse, wie die Stromableitungen aus dem Gehäuse sowie alle Meßleitungen, gas- und druckdicht ausgeführt werden.

Die Isolationsmaterialien für die Wicklungen sowie für die Blechisolation dürfen nicht unbesehen angewendet werden, da ausgedehnte Laboratoriumsuntersuchungen im Dauerbetrieb in einer Wasserstoffatmosphäre unter dem entsprechenden Druck und der höchsten im Generator auftretenden Temperatur gezeigt haben, daß einige seit langen Jahren in Luft bewährte Isolationsmaterialien in der Wasserstoffatmosphäre eine Verschlechterung erlitten haben. Es kommt noch hinzu, daß die Selbstheilung, wie man es wohl nennen kann, z. B. bei der Blechisolation in der Luftatmosphäre wohl, nicht

aber in der Wasserstoffatmosphäre auftritt. Darunter ist zu verstehen, daß sich bei einem beginnenden Fehler das Eisen durch eine Oxydschicht schützt, so daß der Vorgang stark verlangsamt, wenn nicht sogar zum Stillstand gebracht wird. In Wasserstoff kann dies des fehlenden Sauerstoffes wegen nicht eintreten, vielmehr bleibt jede ungeschützte Stelle im Eisen völlig blank. Auch der bekannten Erscheinung der Diffusion von Wasserstoff durch Eisen hindurch muß die gebührende Aufmerksamkeit erwiesen werden.

Wir wollen noch kurz erörtern, welchen Gebrauch man von der erhöhten Leistungsfähigkeit bei erhöhtem Wasserstoffdruck am zweckmäßigsten macht. Die mögliche Leistungssteigerung von 15 % bei einer Drucksteigerung auf 1 atü bei gleichem Leistungsfaktor als Wirkleistung zu nutzen, wird sich in den meisten Fällen mit Rücksicht auf die Turbine und die Kessel verbieten. Daher verbleibt als Leistungssteigerung die zweite Alternative, die gleiche Wirkleistung, wie sie von der Turbine geboten werden kann, mit einem kleineren Leistungsfaktor als dem normalen abzugeben. Hierbei ist dann allerdings die Steigerung der Scheinleistung nicht gleich 15 %, sondern kleiner, da die Induktorbelastung mit kleiner werdendem Leistungsfaktor zunimmt. Bei einer Verschlechterung des Leistungsfaktors beispielsweise von 0,8 auf 0,7 beträgt die durch diesen Umstand nötige Leistungsminderung ca. 6...7 %, so daß die Scheinleistung bei Erhöhung des Wasserstoffdruckes nur um etwa 15—(6...7) = 8...9 % zunehmen kann, wobei die Wirkleistung dann nur etwa 94 % der normalen beträgt. Eine so starke Leistungsfaktorabsenkung wie von 0,8 bis 0,7 kann bei beibehaltener Wirkleistung von einem normalen Generatormodell nicht hergegeben werden, es sei denn, man wendet noch höhere Wasserstoffdrücke an. Es erhebt sich aber die Frage, ob man die Vorteile, die mit einer Drucksteigerung verbunden sind, nicht besser zur Minderung der Wicklungstemperaturen bei Vollast als zur Leistungssteigerung benutzt. Mit Rücksicht auf die Lebensdauer der Isolation kann dies nur von erheblichem Vorteil sein.

Bei luftgekühlten Maschinen ist ein Verfahren [3] bekannt, das durch besondere Maßnahmen zum Ziele hat, die hauptsächlich bei großen Maschinen des öfteren aufgetretenen Wicklungsverlagerungen im Induktor zu verhindern. Dieses Verfahren läßt sich bei Wasserstoffmaschinen mit Hilfe einer Druckeinrichtung in geradezu idealer Weise ergänzen, wobei allerdings die Voraussetzung darin besteht, daß die Regelung des Dichtungsöldruckes durch Differenzdruckregler automatisch in Funktion des Wasserstoffdruckes geschieht. Das für luftgekühlte Maschinen bekannte Verfahren, das in einer Reihe von deutschen Kraftwerken mit bestem Erfolg angewendet wird, beruht im Prinzip darauf, daß man die Induktorwicklung im Stillstand oder bei kleinen Drehzahlen, bei welchen die Fliehkraft noch keine Rolle spielt, derart vorheizt, daß die relative Spulenverschiebung einem Mittelwert zwischen Leerlauf und Vollast entspricht. Dann wird die Maschine auf volle Drehzahl hochgefahren, wodurch die Spulen durch die fliehkraftbedingte Reibungskraft an weiteren Verschiebungen gehindert werden. Im Betrieb wird sodann die Regelung so vorgenommen, daß der Unterschied in der relativen Spulendehnung zwischen dem Vorheizzustand und Leerlauf bzw. Vollast möglichst klein wird, jedenfalls aber so klein, daß die Proportionalitätsgrenze des Wickelmateriale, also die des Silberkupfers, nicht überschritten wird. Dann kann keine bleibende Spulenlängenveränderung mehr auftreten. Dies wird außer der Vorheizung dadurch erreicht, daß die Kaltlufttemperatur in einfacher Weise in Funktion des Induktorstromes geregelt wird, und zwar so, daß bei größtem Induktorstrom die kleinstmögliche Kaltlufttemperatur eingeregelt wird, während man sie bei abnehmendem Induktorstrom ansteigen läßt. Die Regelung der Kaltlufttemperatur wiederum

wird in einfacher Weise durch die Änderung der Kühlwassermenge bewirkt. Da es sich hierbei um thermische Vorgänge mit relativ großen Zeitkonstanten in der Größenordnung von etwa einer Stunde handelt, sind die Regelprobleme leicht zu bewältigen, zumal keine besonders hohen Regelgenauigkeiten eingehalten zu werden brauchen.

Die gleichen Gedankengänge können auch bei wasserstoffgekühlten Maschinen angewendet werden, wobei man außer der Regelung der Kühlwassertemperatur in Funktion des Induktorstromes auch noch die Möglichkeit der Beeinflussung der Wicklungstemperaturen bei hohen Induktorströmen durch Erhöhung des Wasserstoffdruckes besitzt. Hierdurch lassen sich ausgezeichnete Regelverhältnisse schaffen, die besonders dann von Bedeutung sind, wenn es sich um Maschinen handelt, welche häufig an- und abgestellt werden müssen, wie es leider in den europäischen Kraftwerken im Gegensatz zu den amerikanischen wegen der fehlenden Nachtlast oft der Fall ist. Besonders wirksam wird eine solche Einrichtung dann, wenn man auf eine Leistungssteigerung bei erhöhtem Druck verzichtet und die Vorteile ganz einer Temperaturerniedrigung zugute kommen läßt. In diesem Falle wird es auch bei den größten Maschinen möglich sein, selbst bei täglichem An- und Abstellen auf die Stillstandvorheizung ganz zu verzichten.

Schrifttum

[1] R. Pohl, Grundsätzliches zur Wärmeberechnung elektrischer Maschinen, insbesondere der im Kreisprozeß gekühlten Turbogeneratoren. A. f. E. XII, 1923, S. 361.
[2] W. Leukert, Die Wasserstoffkühlung bei elektrischen Maschinen. E. u. M. 61, 1943, S. 617.
[3] F. Moldenhauer, Einfluß der Betriebsbedingungen auf die Beanspruchung der Induktoren von Turbogeneratoren. Elektrizitätswirtschaft 48, 1949, S. 53 und 86.

Aussprache

(zu den Fachberichten W. Leukert und F. Moldenhauer)

Herr E. Wiedemann, Baden (Schweiz): Herr Dr. Leukert und Herr Dr. Moldenhauer haben einleitend gesagt, daß die Wasserstoffkühlung in Amerika seit 20 Jahren eingeführt ist. Ergänzend ist hierzu zu bemerken, daß sie zunächst nur für Blindleistungs-

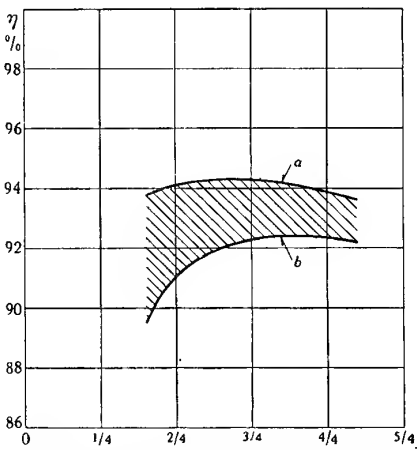


Bild 1 Wirkungsgrade des Frequenzumformers, a) mit Wasserstoffkühlung, H₂-Überdruck 350 mm WS b) mit Luftkühlung.

maschinen angewandt wurde, also Maschinen, bei welchen die Welle nicht durch das gasdichte Gehäuse austreten muß. Erst nach deren Betriebsbewährung kam die Wasserstoffkühlung auch für Turbogeneratoren zur Anwendung. Der erste wasserstoffgekühlte Generator mit einer Leistung von 25 MW kam 1937 in Betrieb (First Hydrogen-Cooled Generator in Service, Electrical World 1938). In Europa ist die Entwicklung nunmehr umgekehrt,

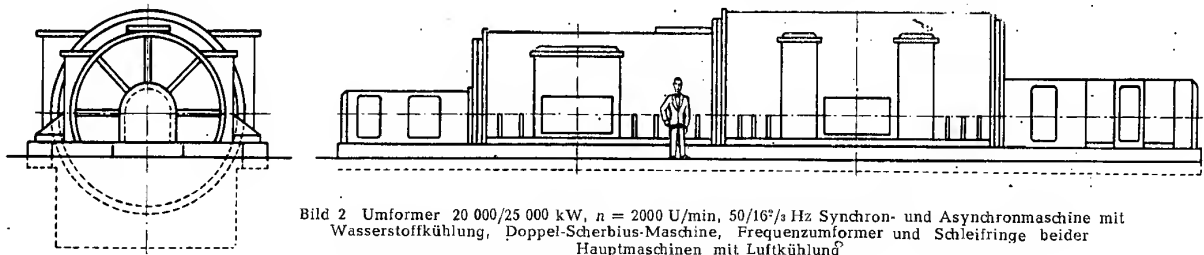


Bild 2 Umformer 20 000/25 000 kW, $n = 2000$ U/min, 50/16 $\frac{2}{3}$ Hz Synchron- und Asynchronmaschine mit Wasserstoffkühlung, Doppel-Scherbius-Maschine, Frequenzumformer und Schleifringe beider Hauptmaschinen mit Luftkühlung

d. h. Phasenschieber werden erst gebaut, nachdem Turbo-
generatoren mit Wellendichtungen schon entwickelt sind.
Es ist daher nicht ohne weiteres selbstverständlich, daß
für Phasenschieber die amerikanische Praxis übernom-
men werden muß, bei welcher die Lager und Schleif-
ringe in dem Gasbehälter mit eingebaut sind und Fremd-
erregung angewendet wird. Für Phasenschieber zur Auf-
stellung in Innenräumen müßte man doch abwägen, ob
die Komplikation der Wellendichtung nicht unter Um-
ständen die Nachteile der im Gasraum liegenden Lager-
und Schleifringe und der Fremderregung aufwiegen.

Herr Dr. Leukert zeigte den Wirkungsgrad-
vergleich eines vierpoligen Netzkupplungsumformers.
Im Bild 1 ist dieser Vergleich auch zu ersehen für einen
zweipoligen Netzkupplungsumformer. Der Wirkungsgrad
für die Wasserstoffausführung ist dabei praktisch gleich
wie bei der vierpoligen Maschine, derjenige für die luft-
gekühlte Ausführung ist zweipolig etwas schlechter. Für
Wasserstoffkühlung erscheint aber die zweipolige Ma-
schine bzgl. der Abmessungen doch wesentlich günstiger.
Wie aus dem Bild 2 zu ersehen ist, sind auch die Ab-
messungen bei zweipoliger Ausführung schon recht groß,
was für die explosionsfeste und gasdichte Ausführung
sowie für den Transport und evtl. teilweisen Bau an
Ort und Stelle einige Komplikationen bietet.

Zu den Ausführungen der Herren Vortragenden über
die physikalischen Eigenschaften möchte ich ergänzend
bemerken, daß der Einfluß der Reinheit auf das spez.

Gewicht außerordentlich groß ist, da ja Luft und Kohlen-
säure 14,4 bzw. 22mal schwerer sind als hundertprozentig
reiner Wasserstoff. Sinkt die Reinheit auf 90% ab (90 Vol.-%
H₂ in Luft), so ist der Wasserstoff von 350 mm WS nur
noch sechsmal leichter als Luft und Wasserstoff von
1 atü nur noch dreimal leichter. Die Kühlwirkung da-
gegen wird durch die Verunreinigung zwischen 96 und
90% um ca. 30% verbessert und sinkt erst wieder bei
wesentlich größerer Unreinheit. Man hat also bei größe-
rer Unreinheit bessere Kühlwirkung, aber größere Ver-
luste — also grundsätzlich dieselben Verhältnisse wie
bei Betrieb mit höherem Wasserstoffdruck. Selbst-
verständlich ist es aber natürlich richtig, mit größtmög-
licher Reinheit zu fahren. Mit größerer Reinheit steigen
die Wasserstoffverluste aber an. Es erscheint deshalb
notwendig, bei Vergleichen von Wirkungsgraden und
Wasserstoffverlusten diese auf eine bestimmte Wasser-
stoffreinheit zu beziehen (Bild 3).

Von Herrn Dr. Moldenhauer wurde auf die Frage
der Auswirkung des wasserseitigen Abstellens eines
Kühlers eingegangen. Grundsätzlich könnte hierbei eine
Leistungsreduktion durch vorübergehende Wasserstoff-
drucksteigerung vermieden werden. Eine andere Lösung
ist die, daß ein Teil des Wasserstoffes im Generator
zwangweise so geführt wird, daß er immer wieder einen
anderen Kühler durchstreicht. Das Kühlmittel wird also
gewissermaßen im Generator gekreuzt.

Herr E. Kübler, Blaubeuren: Ich möchte auf einen
weiteren Vorteil der Wasserstoffkühlung hinweisen.
Durch die Wasserstoffkühlung ist es möglich, nicht nur
allgemein die Leistung, sondern im besonderen die
Grenzleistung von Turbogeneratoren in einem noch
viel stärkerem Ausmaß zu erhöhen. So wagte man
mit der Wasserstoffkühlung die 100 MVA-Einheitsleistung
zu überschreiten und es sind, wie wir gehört haben,
bereits Generatoren für 125 MVA im Bau. Vorher ver-
mochte man mit Luftkühlung die 100 MVA-Leistung wirt-
schaftlich nicht zu erreichen. Man bewegte sich normal
bei 64 MVA an der oberen Grenze.

Welches ist nun der innere Grund dafür, daß dieser
Grenzleistungssprung um etwa 100% bereits im ersten
Anlauf möglich erscheint? — Nun, durch die Wasserstoff-
kühlung kann man jetzt den Generator freizügiger be-
messen. Bei Luftkühlung ist man wegen der Luftreibungs-
verluste gezwungen, die Umfangsgeschwindigkeit, d. h.
den Rotordurchmesser, so niedrig wie möglich zu halten
und man mußte daher die Maschine in die Länge bauen.
Nun aber bei der Wasserstoffkühlung diese Rücksicht-
nahme gefallen ist, steht m. E. nichts im Wege, den
Generator nicht zu verkürzen, sondern ihn auch im
Rotordurchmesser in dem Ausmaß zu erhöhen, als es
mechanisch zulässig ist. Eine Durchmesservergrößerung
um 10% bringt nach dem Ausnutzungsgesetz bereits
eine weitere Verkürzung um 20%. Damit schafft man
ein günstigeres Verhältnis Länge/Durchmesser und damit
bessere natürliche Kühlbedingungen für den Generator
gegenüber der bisherigen Ausführung für Luftkühlung.
Diese Verbesserung der natürlichen Kühlbedingungen
kommt hinzu zu dem eigentlichen Einfluß der Wasser-
stoffkühlung an sich und beide Einflüsse zusammen er-
möglichen die große Steigerung der Grenzleistung von
Turbogeneratoren.

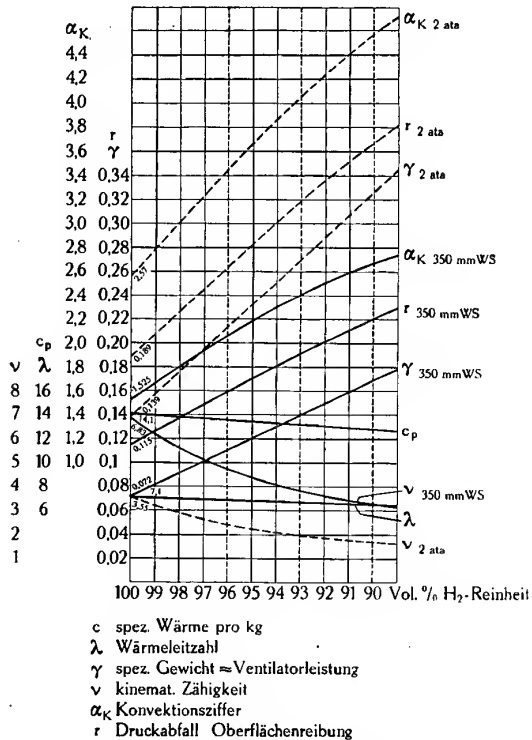


Bild 3 Die physikalischen Eigenschaften von Wasserstoff ver-
schiedener Reinheit im Vergleich mit Luft.

Der Entwicklungsstand im Großtransformatorenbau

Von H. Böcker

Die Wachstumsgesetze des Transformators lehren, daß der Aufwand an aktivem Material im Verhältnis zur durchgesetzten Leistung, d. h. der Faktor kg/kW, mit größer werdender Einheitsleistung geringer wird. Der Wirkungsgrad bei großen Einheiten ist dadurch naturgemäß besser als bei kleinen Einheiten. So besteht ein Anreiz, die Transformatoren so groß wie möglich zu bauen. Die Leistung der Transformatoreinheiten wird jedoch durch die vorgeschalteten Maschinensätze und

technischen Gründen vielfach gewünschte Versandfähigkeit mit Durchführungen, Kühlern und Ausdehnungsgefäß sind die wesentlichen Gesichtspunkte, die für den Transport maßgebend sind. Der bisher größte Eisenbahnwagen gestattet den Versand von etwa 170 t und benutzt den Transformatorenkasten als einschiebbares Zwischenstück, an dessen beiden Seiten die Drehgestelle auf je neun Achsen befestigt werden. Die größten Transformatoren wurden auf diese Weise transportiert (Bild 1).

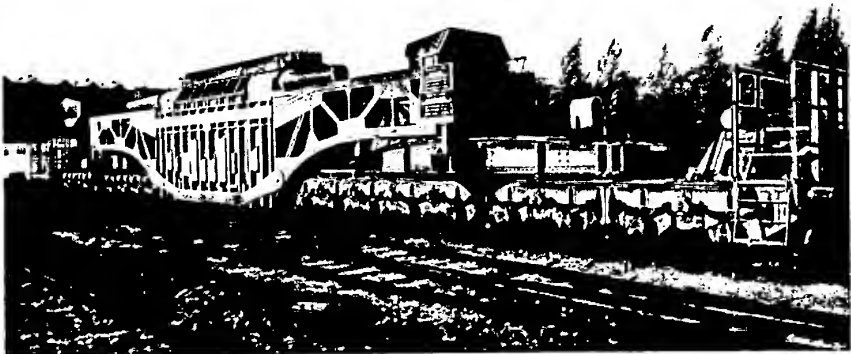


Bild 1 Wandertransformator 120 MVA, Gewicht 165 t, auf dem Transport (BBC)

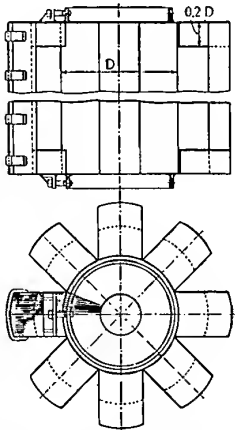


Bild 4 Aufbauschema des Radialkernes, D Schenkeldurchmesser (BBC)

durch die Übertragungsfähigkeit der Leitungen, an die sie angeschlossen werden, festgelegt. So finden wir im 110 kV-Netz Transformatoren mit einer Leistung von 30 ... 60 MVA, im 220 kV-Netz von etwa 100 MVA, und für das 380 kV-Netz sind Transformatoren mit 200 bis 300 MVA geplant.

In Leistungstransformatoren bis 60 MVA werden vielfach Regulierwicklungen mit Regelschaltern für die Wahl der geeigneten Spannung unter Last eingebaut. Bei den größeren Einheiten aber ist diese Ausführung zu kompliziert und auch zu umfangreich, so daß man einen getrennten Regeltransformator vorzusehen pflegt.

Das Transportproblem legt eindeutig die obere Grenze der Leistung für die Transformatoreinheit fest. Das Eisenbahnprofil und die Belastungsfähigkeit der Transportwagen sowie auch die aus fabrikatorischen und betriebs-

Wir wollen uns nun den technischen Problemen des Großtransformatorenbaues im einzelnen zuwenden und hierbei den heutigen Stand der Entwicklung kennenlernen.

1. Der Eisenkern

Eisenkerne von Großtransformatoren, die dreisäulig ausgeführt werden, benötigen Jochhöhen von über einem

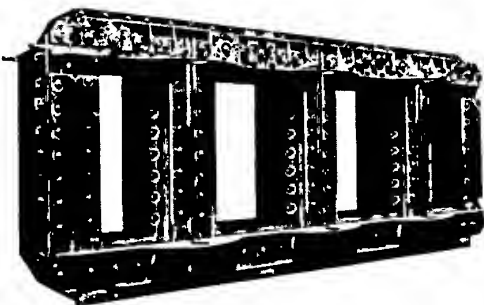


Bild 2 Fünfschenkelkern eines 120 MVA-Transformators (BBC)

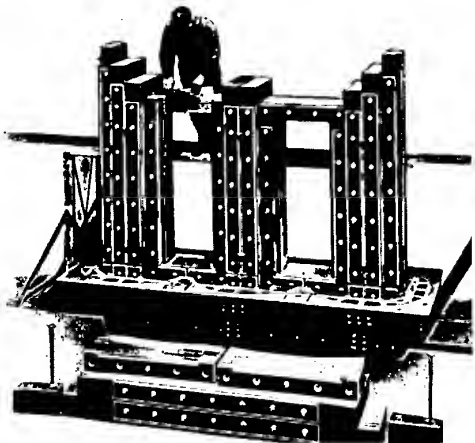


Bild 3 Rahmenkern während des Einschachtelns (SSW)

Meter. Bauformen, die lange Wicklungen bevorzugen, vertragen dies nicht. Außerdem ist es schwierig, Jochhöhen von dieser Größe einschachteln zu lassen. Folgende Lösungen umgehen die Schwierigkeiten in der einen oder anderen Weise: Der Fünfschenkelkern

(Bild 2), der nur 60 % des Kerndurchmessers als Jochhöhe braucht; der Rahmenkern (Bild 3), bei dem das Einschachteln sehr leicht vor sich geht; ferner, als neu in den letzten Jahren hinzugekommen, der Radialkern (Bild 4), dessen Jochhöhe nur 20 % des Kerndurchmessers beträgt und der allerdings Stoßfugen besitzt.

Für die Kerne der Großtransformatoren bedeutete in der Vergangenheit der Eisenbrand vielfach eine Gefahr. Diese wurde zwar bei dem modernen Fünfschenkelkern,

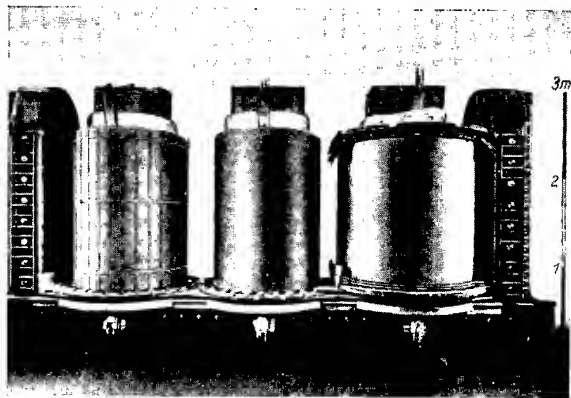


Bild 5 Wicklungsaufbau eines 120 MVA-Transformators 220/110/10 kV (AEG)

sowie auch bei anderen dreischenkigen Kernen großer Transformatoren durch weitgehende Unterteilung in einzelne voneinander isolierte Blechpakete überwunden, beim Rahmen- und im wesentlichen auch beim Radialkern jedoch im Prinzip beseitigt, weil nämlich der Kern konstruktiv in einzelne Elemente mit geringer Windungsspannung aufgeteilt ist.

Das Blech für den Großtransformatorenbau hat eine Verlustziffer von höchstens etwa 1 Watt/kg und sollte möglichst noch geringere spezifische Verluste haben, damit die Kernkühlung nicht vor unüberwindlichen Schwierigkeiten steht und die Eisenverluste, die ja während der ganzen Einschaltdauer in voller Höhe auftreten, klein werden.

2. Die Wicklung

Die Wicklung soll thermisch so belastet sein, daß sie bei vorgegebener Lebensdauer ein Höchstmaß an Leistungsfähigkeit besitzt. Sie hat aber ferner auch Überbeanspruchungen durch Kurzschlüsse und Überspannungen auszuhalten, denen sie gewachsen sein muß.

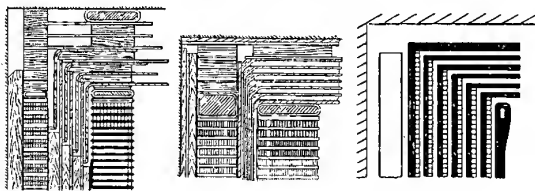


Bild 6 Drei Arten der Hauptisolation von Großtransformatoren
Links: Durch Hülsen und Kappen getrennte Olsrecken
Mitte: Isolierwickel aus ölprägniertem Papier und mit gespreizten Enden (BBC)
Rechts: Isolierwickel bei Lagenwicklung mit einfach umgelegten Enden (Gen. Electric)

Die Zusatzverluste, die in großen massiven Leiterquerschnitten auftreten und die einzelne Wicklungspartien unzulässig hoch erwärmen würden, verhindert man durch starke Unterteilung in Leiter geringeren Querschnittes, die sinnreich miteinander verdreht werden. Die starke Unterteilung des Leiterquerschnittes gestattet ferner den reichlichen Einbau von radialen und axialen Kühlkanälen.

Die Kurzschlußkräfte, die auf die Wicklungen in radialer Richtung wirken, erzeugen um so mehr nur reine Zug- und Druckbeanspruchungen, je idealer die Spulenkörper der Kreisform angeglichen sind. Sie lassen sich dann auch beim Großtransformator mit verhältnismäßig geringem Aufwand an Abstützmitteln beherrschen. Das Auftreten von Zug- und Druckkräften zwischen benachbarten Wicklungen in axialer Richtung wird weitgehend vermieden, wenn man alle Wicklungen gleich hoch macht und die Amperewindungen in Längsrichtung homogen verteilt. Die innerhalb einer Wicklung auftretenden Kontraktionskräfte macht man durch ausreichende Vorpressung unschädlich und durch eine Voralterung, die verhindert, daß die Wicklung im Laufe der Betriebszeit zusammenschrumpft.

Die Beherrschung der Kurzschlußkräfte ist vornehmlich für große Regeltransformatoren eine schwierige Aufgabe, die veranlaßt hat, daß die Amperewindungen jeder Stufe über die ganze Länge der Wicklung verteilt werden und jede übermäßige Drahtsteigung vermieden wird.

Man kann in diesem Zusammenhang nicht eindringlich genug den Wunsch der Hersteller von Großtransformatoren äußern, die Wicklungen so einfach wie möglich zu planen; denn jede durch Kompliziertheit der Anforderungen für den Aufbau bedingte Unhomogenität sowohl am Umfang der Wicklung, sei es durch Ableitungen, oder in axialer Richtung, sei es durch Anzapfwindungen, macht im Kurzschlußfalle erhebliche Kräfte frei, die entweder einen nicht vertretbaren Aufwand an Abstützungen benötigen, oder aber die Kurzschlußsicherheit überhaupt in Frage stellen, da die natürliche Drahtfestigkeit überschritten wird. Der erwähnte 120 MVA-Wandertransformator entspricht diesem Anliegen, und die Entscheidung in der Planung der Transformatoren für die 380 kV-Übertragung wurde sehr begrüßt, nur zwei Wicklungen einfacher Bauart vorsehen zu wollen.

Bild 5 zeigt als Beispiel den mächtigen Wicklungsaufbau des 120 MVA-Wandertransformators.

Die Überspannungssicherheit der großen Transformatoren wird in speziellen Fällen durch Lagenwicklung erreicht, vornehmlich bei den Anzapfwicklungen der Regeltransformatoren. Im allgemeinen, wenn Drahtkühlung und betriebliche Anforderung die Gestalt der Wicklung bestimmen, erreicht man aber eine ausreichende Überspannungssicherheit auch durch Abstufung der Windungszahl und Isolierung der Eingangsspulen nach einem Schema, das rechnerisch und experimentell ermittelt wird. Im besonderen gilt hierfür, daß einzelnen Teilen der Wicklung keine von der Schwingungscharakteristik der gesamten Wicklung abweichende Eigenschwingung erlaubt wird. Bei Regeltransformatoren steht man trotz theoretischer Erklärung der Vorgänge immer noch vor zum Teil schwer lösbaren Isolierproblemen, die auch auf die Konstruktion der Regelschalter zurückwirken (s. u.).

3. Die Hauptisolation

Die Hauptisolation des Transformators trennt Ober- und Unterspannungswicklung elektrisch voneinander und schützt die Wicklung, die an Hochspannung liegt, gegen Überschlüge nach dem Kern und dem Kasten. Bild 6 zeigt verschiedene Ausführungen der Hauptisolation, wie sie für Großtransformatoren angewendet werden.

Die frühere Ausführung (Bild 6, links) verwendet hauptsächlich Öl, das durch Barrieren von Hartpapierhülsen im zylindrischen Teil und sogenannte Kappen in der Enddistanz in voneinander unabhängige Schichten geteilt wird. Hierbei wird der Isolationsraum sehr schlecht ausgenutzt, denn das Hartpapier mit seiner relativ großen elektrischen Festigkeit, aber auch großen Dielektrizitätskonstante wird wenig, das Öl jedoch um so mehr beansprucht. Man hat daher später den Isolationsraum feiner unterteilt und mehr und mehr Papier oder saugfähigen Preßspan verwendet. Eine solche Isolation er-

laßt, die elektrische Feldstärke mit etwa 30 kV/cm, bezogen auf die Betriebsspannung, zu bemessen.

Noch besser läßt sich der Isolationsraum ausnutzen, wenn man ihn ganz mit einem homogenen Dielektrikum ausfüllt, nämlich mit ölprägniertem Papier. Bei dieser Isolation, auch Isolierwickel genannt, wird in einer speziellen Ausführung die Herstellung der Enddistanz in wirksamer Weise durch Spreizung der einzelnen Wickschichten erreicht (Bild 6, Mitte). Hierdurch werden Längsbeanspruchungen auch innerhalb der Enddistanz vermieden.

Obwohl die Stärke der Hauptisolation durch die Verwendung des Isolierwickels auf die Hälfte des früher angewendeten Wertes reduziert werden kann, ist ihre Sicherheit gegen Durchschlag weit größer als bei der früheren Isolation. Die rechnerisch ermittelbare Wärmekippspannung liegt für die ganz normal aufbereitete ölprägnierte Isolation bei etwa 1200 kV, einem Wert, der auch bei den 380 kV-Transformatoren noch mehr als die zweifache Sicherheit in sich birgt.

Auch bei Lagenwicklungen läßt sich die Ölpapierisolation anwenden (Bild 6, rechts), und zwar besonders vorteilhaft, wenn der Sternpunkt der Wicklung geerdet werden kann und zwischen Ober- und Unterspannung und zwischen den Lagen nur verhältnismäßig geringe Isolationsstärken benötigt werden. Die Enddistanzisolation dieser Wicklung ergibt sich dann zwangsläufig durch Umbiegen der Papierschichten bei stufenweiser Verringerung der Wicklungslänge.

Die Verringerung der Stärke der Hauptisolation brachte, im besonderen auch mit der Möglichkeit größerer Säulenlängen des Radialkernes, eine Verminderung des Eisenquerschnittes mit sich, da die Streuspannung festliegt, und dies führte schließlich auch zur Reduzierung des Kupfergewichtes. Man kann daher mit Recht behaupten, daß die Meisterung des Isolierproblems nicht nur als solches, sondern vielmehr in seiner Rückwirkung auf die Gewichte des aktiven Materials den Bau des eigentlichen Großtransformators erst ermöglicht hat.

4. Die äußeren Teile, die Kühlung

Zum Großtransformator gehören der Regelschalter, die Durchführungen, der Kasten und der Kühler. Die heutigen Regelschalter zeichnen sich durch kurze Umschaltzeiten aus, sie benötigen daher Widerstände oder Drosselspulen von nur geringen Ausmaßen. Das Anwachsen der Leistungen von Reguliertransformatoren und das Größerwerden der Regulierbereiche stellen an Kurzschlußfestigkeit und Überspannungssicherheit der modernen Schalter hohe Anforderungen. Im Hinblick auf die hiermit verbundenen Schwierigkeiten möchte man die Besteller von Transformatoren bitten, ihre Forderungen auf die notwendige Größe des Regulierbereiches reichlich zu überlegen, ferner, wenn möglich, Regulierung am Sternpunkt vorzusehen, um die der Stoßspannungsbeanspruchung stark ausgesetzte Regulierung an den Polen vermeiden zu können. Wenn man Schalter vernünftigen Ausmaßes und Wicklungen mit tragbarem Aufwand an Isoliermaterial zu erhalten strebt, so ergibt sich, wie es heute scheint, für sehr hohe Spannungen und große Regulierleistungen als günstige Lösung der in den offenen Sternpunkt des Haupttransformators eingeschaltete Regeltransformator.

Hersteller und Bezieher verwenden als Durchführungen für hohe Betriebsspannungen sehr gern die Ausführung mit Kondensatorwickel, die für Konstruktion und Betrieb Vorteile bietet, da sie ein in sich abgeschlossenes, unabhängiges Bauelement darstellt. Bemerkenswert ist eine moderne Bauart, bei der die Kondensatorbeläge des Durchführungswickels, bestehend aus halbleitendem Material, nach Abdrehen des Hartpapierwickels einfach in das Transformatoröl hinausragen. Die Ölteile solcher Durchführungen werden erstaunlich kurz, z. B. nur 700 mm bei einer Durchführung für 380 kV Be-

triebsspannung (Bild 7). Die Überschlagsicherheit bei linearer Feldsteuerung kann bei der hier auftretenden Feldstärke von etwa $1/2$ kV/mm als ausreichend angesehen werden.

Der Kasten, in den der aktive Teil des Großtransformators eingebaut wird, ein Meisterwerk des Kesselbaus, muß vakuumfest sein und die große Last mit genügender Steifigkeit stützen und zudem in der heutigen Praxis des Transformatortransportes vielfach als Teil des Eisenbahnwagens verwendet werden können. Die Transformatoren mit Radialkern sparen im Hinblick auf die gestellten Forderungen an Kastengewicht, da der Kasten Rohrform besitzt und hierdurch naturgemäß große Festigkeit hat.



Bild 7 Durchführung für 380/400 kV mit Hartpapier-Kondensatorwickel (Micafil)

Bei der Kühlung eines Transformators für beispielsweise 100 MVA müssen etwa 700 kW Verluste abgeführt werden. Im Innern dieses Transformators zirkuliert infolgedessen die beträchtliche Ölmenge von etwa 250 m³/h bei der üblichen Erwärmung, die das Öl dabei erfährt. Diese Ölmenge durch die Rohrleitungen von Kühlern zu befördern, in denen die Verluste abgeführt werden sollen, bedingt leistungsfähige Pumpen. Da Ölpumpen mit Stopfbüchsen zu Undichtigkeiten Anlaß geben können, wird der Bau stopfbüchsenloser Pumpen begrüßt, deren Antriebsmotor in den Ölstrom der Ölleitung eingebaut ist.

Man wird verstehen, daß ein Verfahren, den Transformatorkühler als Wärmetauscher mit geringem Strömungswiderstand in den automatischen pumpenlosen Hauptkühlstrom des Transformatorbessels einzubauen, besonders empfohlen werden kann. Dies wurde auch bei einigen Transformatoren mit Erfolg angewendet. Durch den Wärmetauscher, der aber bei Wanderttransformatoren räumlich eingeengt ist, muß die Kühlluft dann allerdings mit einer Geschwindigkeit von 30-40 m/s hindurchgeblasen werden (z. B. beim Transformator in Bild 8).

Wirtschaftliche Überlegungen mit Rücksicht auf Anlage- und Betriebskosten der Kühler, die Frage des Platzbedarfes und die gelegentlich erhobene Forderung, die Kühlanlage vom Eigenbedarfsnetz des Umspannwerkes möglichst unabhängig zu machen, führen in vielen Fällen zu anderen Lösungen des Kühlverfahrens, z. B. mußte für einen 120 MVA-Transformator eine über große Rohrquerschnitte angeschlossene Radiatorenatterie aufgestellt werden, die bis zu $2/3$ der Nennleistung noch

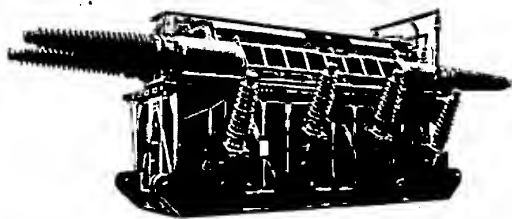


Bild 8 120 MVA-Wandertransformator, 220/110/10 kV (BBC)

selbstkühlend wirkt (z. B. beim Transformator in Bild 11). Erst bei Nennleistung müssen einige Kleinlüfter eingeschaltet werden. Eine derartige Kühlanlage benötigt aber einen ziemlichen Aufwand an Bodenfläche.

5. Dreiphasige und einphasige Transformatoren

Es soll hier auf die Frage eingegangen werden, von welcher Leistung ab die Aufspaltung der dreiphasigen Einheit des Großtransformators in drei einphasige Einheiten zweckmäßig erscheint.

In den USA wurde an einer 400 MW-Gruppe untersucht, ob man günstigere Anlagekosten erhält, wenn man statt der bisher vielfach dort verwendeten Einphasentransformatoren (13 Stück je 35 MVA, einen davon als Reserve) dreiphasige Transformatoren (vier Stück je 105 MVA und evtl. noch einen dazu als Reserve) verwendet. Ziemlich unabhängig von der betrachteten Kühlart ergibt sich, daß die dreiphasigen Transformatoren nur 80...85 % der Kosten für die einphasigen Transformatoren verursachen. Berücksichtigt man allerdings die dreiphasige Reserveeinheit dazu, so bieten die dreiphasigen Transformatoren gegenüber den einphasigen keine preislichen Vorteile.

Eine ähnliche Untersuchung in der Schweiz ergab dagegen (ohne Reservetransformator berechnet), daß es bereits ab 60 MVA kostenmäßig vorteilhafter erscheint, die Dreiphasenleistung in drei einphasigen Transformatoren zu erzeugen. Für dieses Ergebnis muß aber berücksichtigt werden, daß die Radialkernbauweise zugrunde gelegt ist, die, wie schon erwähnt, den wirtschaftlichen Gesamtpreis des Transformators im Vergleich zur dreiphasigen Einheit besonders niedrig hält. In die einphasigen Transformatoren läßt sich eine Lastregulierung vielfach ohne Schwierigkeiten noch mit einbauen. Dies macht die in einphasigen Einheiten aufgespaltene Gruppe auch in der Frage des Platzbedarfes konkurrenzfähig gegenüber einer dreiphasigen Einheit plus getrenntem Regeltransformator.

Das Ergebnis der Kostenberechnung und die technischen Möglichkeiten lassen also bis zu Leistungen um

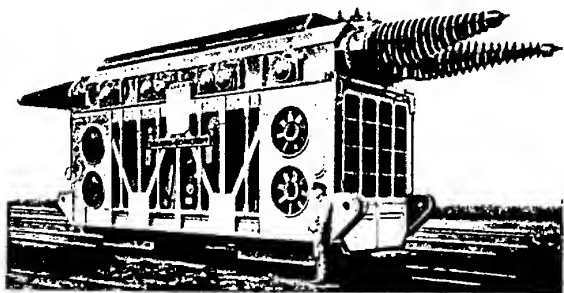


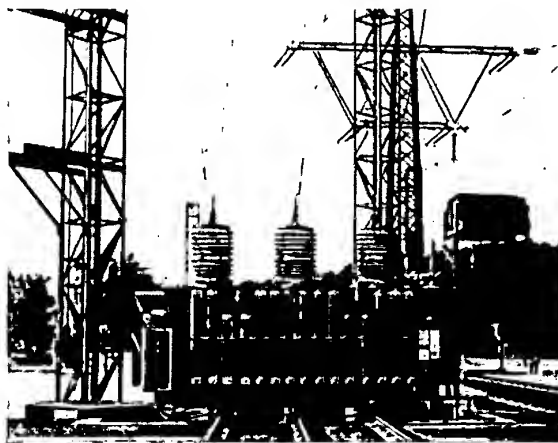
Bild 9 120 MVA-Wandertransformator, 220/110/10 kV (SSW)

100 MVA die Wahl, ob man mit einphasigen oder dreiphasigen Transformatoren installieren will. Dagegen wird die Aufspaltung in drei einphasige Einheiten bei den Transformatoren des 380 kV-Netzes durch das Transportproblem und konstruktive Gründe erzwungen und ist daher hier unumgänglich.

6. Fabrikeinrichtungen und Laboratorien

Die modernen Transformatorenfabriken besitzen große Montagehallen, in denen meist zwei Krane mit mindestens je 100 t Tragkraft vorhanden sind. Der Bau auch der größten Transformatoren geschieht vorwiegend in Handarbeit. Da gerade auch bei den größten Einheiten an die Genauigkeit und Sorgfalt der Herstellung große Anforderungen gestellt werden, benötigt eine Fabrik hierzu sehr gut geschulte Fachkräfte, die in langjähriger Tätigkeit eingearbeitet werden müssen.

In den Prüffeldern von Großtransformatorenfabriken findet man u. a. Turbogeneratoren für sinusförmige Spannung und eine Leistung von über 10 MVA, ferner Prüftransformatoren für Höchstspannung, um alle in den Prüfbedingungen geforderten Untersuchungen durchführen zu können. Zur Klärung der mannigfachen technischen Probleme besitzen diese Fabriken auch umfangreiche

Bild 10 Regeltransformator in Sparschaltung 100 (12,2) MVA, 110/110 $\pm 8 \times 1,5$ kV (AEG)

Laboratorien, in denen nach dem heutigen Stand Wechselspannung von mindestens 1 MV und Stoßspannungen von über 2 MV erzeugt werden können und in denen eine Reihe von Versuchsständen zur Bearbeitung technologischer Fragen vorhanden sind.

7. Beispiele moderner Großtransformatoren

An dem 120 MVA-Wandertransformator in Bild 8 ist bemerkenswert, daß er selbsttätigen Ölumlaufl mit Lüftdüsenkühlern im Deckel besitzt; in den seitlich angebauten Kästen liegen die Anschlüsse für die 110 kV-Wicklung. Ein Gegenstück zu diesem Transformator zeigt Bild 9. Hier wird das Öl mit Pumpen durch großflächige Rippenkühler gepumpt, die an den Stirnseiten sitzen. Die Ventilatorleistung dieser Kühler ist beachtlich klein, da die erforderliche Luftgeschwindigkeit hier nur gering ist.

Einen Regeltransformator in Sparschaltung für 100 MVA, wie er den 120 MVA-Leistungstransformatoren auf der 110 kV-Seite zugeschaltet wird, zeigt Bild 10. Der Stufenwähler ist im Kasten mit untergebracht, der Lastschalter sitzt in den Porzellankörpern der Durchführungen, der Antrieb für beide ist am Kasten außen links zu sehen. Die Eigenleistung dieses Transformators beträgt 12,2 MVA.

Eine Gruppe von 120 MVA, bestehend aus drei einphasigen Transformatoren von je 40 MVA und einem

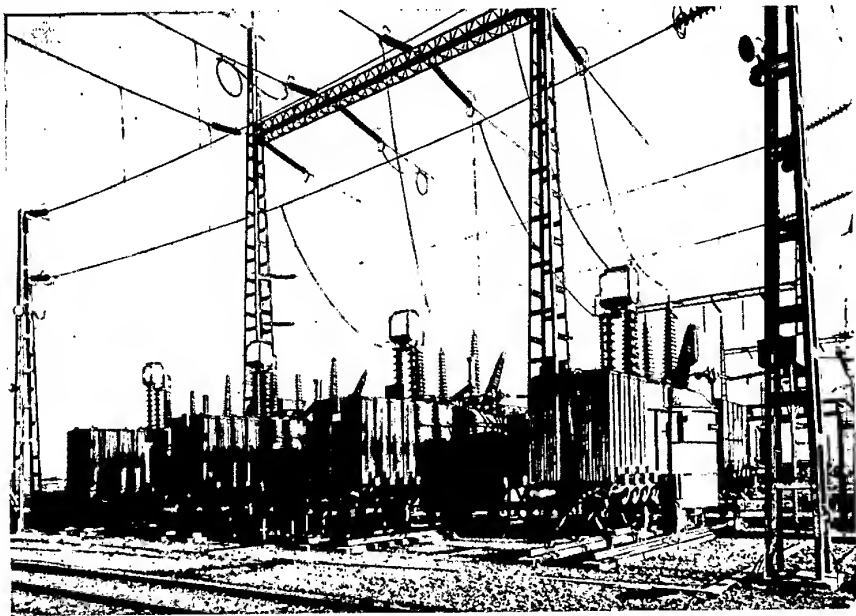


Bild 11 Transformatorengruppe von 120 MVA mit drei Einphasentransformatoren je 40 MVA, dazu ein Reservetransformator, 220/112 + 15 x 1,7/10 kV mit eingebautem Stufenlastschalter (BBC)

einphasigen Transformator gleicher Größe als Reserve, zeigt Bild 11. Regelwicklung und Schalter sind, mit der 112 kV-Seite verbunden, in den Transformatoren eingebaut. Hier erkennt man ferner die den Transformatoren mit Radialkern eigentümliche Kastenform.

Bild 12 endlich zeigt Maßbilder von zwei geplanten 100 MVA-Einphasentransformatoren für die künftige 380 kV-Übertragung, von der je drei zu einer Gruppe von 300 MVA zusammengestellt werden. Die Entwürfe unterscheiden sich durch die Anordnung der Durchführungen; links (Entwurf SSW) liegt die 380 kV-Durchführung seitlich und kann ohne weiteres aus ölprägniertem Papier hergestellt werden, während sie rechts (Entwurf AEG) mitten auf dem Deckel angeordnet ist und zweckmäßigerweise als Kondensatorklemme aus Hartpapier angefertigt wird. Die kleine Durchführung ist mit dem zu erdenden Ende der 380 kV-Wicklung verbunden. Die übrigen vier Durchführungen stellen die Enden von zwei 110 kV-Wicklungen dar, die in Reihenschaltung auch eine Betriebsspannung von 220 kV liefern. In beiden Entwürfen sind getrennt aufgestellte Kühler vorgesehen.

Aussprache

Schäfer: Ergänzend zu den Ausführungen von Herrn Böcker über die Frage, wie weit Drehstromtransformatoren oder Gruppen aus drei Einphasentransformatoren verwendet werden sollen, möchte ich folgendes bemerken: Aus den letzten amerikanischen Veröffentlichungen geht hervor, daß in den USA im Großtransformatorenbau die Tendenz klar von den Einphasentransformatoren weg zum Drehstromtransformator geht. Die Gründe sind vor allem wirtschaftlicher Natur, da nicht nur der Drehstromtransfor-

mator selbst naturgemäß billiger ist als eine aus drei Einphasentypen bestehende Gruppe, sondern auch der Gesamtaufwand für die Schaltanlage beim Drehstromtransformator geringer ist. Amerika nähert sich also hier der europäischen Praxis, und wir haben keine Veranlassung, ohne zwingende Gründe den Drehstromtransformator zu verlassen.

Elsner: Zu den Ausführungen des Herrn Vortragenden über den von den SSW seit Jahrzehnten verwendeten Rahmenkern ist noch zu ergänzen, daß dieser nicht nur für die Verhütung von Eisenbrand, sondern auch hinsichtlich der Ausnutzung des Kreisquerschnittes, also in bezug auf den Füllfaktor, und in konstruktiver und fertigungstechnischer Hinsicht erhebliche Vorteile bietet. Der von dem Herrn Vortragenden im Bild 9 gezeigte 100 MVA-Wandertrafo besitzt im übrigen einen dreischenkligen Kern.

Zur Frage der 400 kV-Kondensatordurchführung (Bild 7) möchte ich meine Bedenken äußern, ob mit Rücksicht auf die notwendige Überspannungssicherheit eine so extreme Verkürzung des Unterteils zu empfehlen ist.

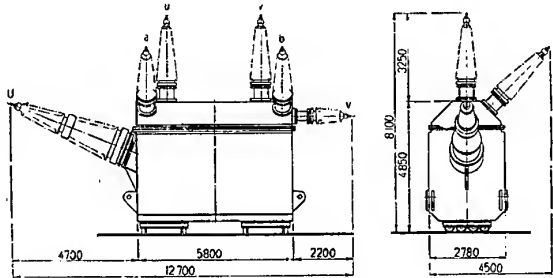
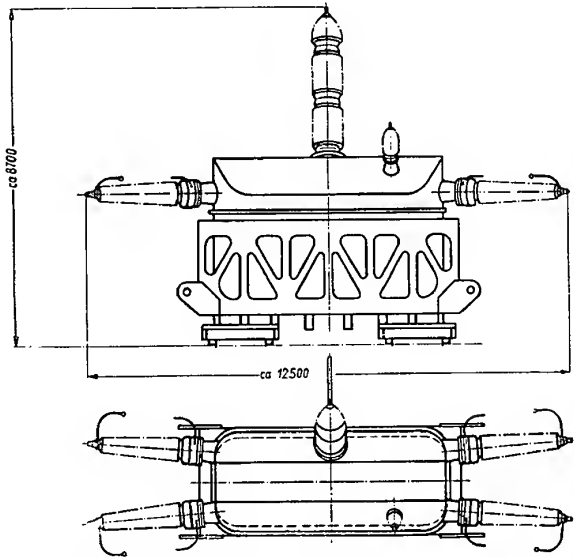


Bild 12 Zwei Entwürfe für Einphasentransformatoren 100 MVA, 380/2 x 110 (220) kV (SSW, AEG)



Biermanns: Da die sehr interessanten Ausführungen des Vortragenden den Eindruck entstehen lassen können, daß die Lagenwicklung in der Hauptsache nur im Ausland angewendet wird, möchte ich doch erwähnen, daß die AEG seit etwa 1930 bei Großtransformatoren die Lagenwicklung dort anwendet, wo ihre Vorteile besonders zur Geltung kommen. Ihre Vorteile bestehen nämlich in ihrer hohen Festigkeit gegen Sprungwellen, in der guten Kühlung, die durch die große Zahl der sich selbst ergebenden senkrechten Ölkanäle bedingt ist und in ihrer hohen Kurzschlußfestigkeit. Die letztere ist besonders dann gegeben, wenn die einzelnen Wicklungslagen, wie es bei der AEG üblich ist, auf den zugehörigen Isolationszylinder aufgeklebt werden. Versuche haben gezeigt, daß die Klebkraft mit Leichtigkeit größer gehalten werden kann als die auf die einzelne Windung im ungünstigsten Fall treffende axiale Kurzschlußkraft. Der vom Vortragenden im Bild 5 gezeigte 120 MVA-Wandértrafo 220/110/10 kV der AEG besitzt z. B. Lagenwicklung.

Schwenkhaagen (schriftlich nachgereicht): Auch eine Analyse der Schäden an Großtransformatoren unterstreicht die Mahnung des Herrn Vortragenden zur Beschränkung der Wünsche der EVU hinsichtlich der Zahl der Anzapfungen. Die weitaus größte Zahl der praktisch auftretenden inneren Schäden an modernen Umspannern hängt mit den Anzapfungen und Schaltstufen zusammen. Der Transformatorenbauer muß deshalb der Gestaltung dieser Teile, wenn sie unumgänglich sind, besondere Aufmerksamkeit widmen.

Mit der Steigerung der Eigenleistung der Umspanner und der Kurzschlußleistung der Netze ist aber noch ein anderes Moment aufgetreten, das vielfach übersehen wird. Der sonst so hervorragend bewährte Buchholzschutz reicht unter diesen Bedingungen oft nicht mehr aus, um in seiner bisherigen Form Kesselsprengungen zu verhindern. Lange Verbindungsrohre zum Ölausgleichsgefäß „verdämmen“ den Ölaustritt so stark, daß vor Erreichen einer für die Betätigung des Auslöseschwimmers nötigen Geschwindigkeit im Buchholzschutz die gewaltigen, im Kessel entwickelten Gasmengen gefährliche Überdrücke vor allem in starren Glattblechkesseln erzeugen. Man sollte deshalb bei solchen großen Einheiten die bisherige Geschwindigkeitsauslösung am Buchholzschutz durch eine Druck- oder Druckanstiegsauslösung ergänzen. Zur Verhütung der besonders gefährlichen Folgebrände des austretenden Öls sollte man auch dafür sorgen, daß im Fehlerfall der Ölstand möglichst schnell durch besondere Entleerungsvorrichtungen bis dicht unter den Deckel gesenkt werden kann (z. B. durch ein Sicherheitsventil).

Vortragender: Die Beiträge der Herren Diskussionsredner stellen eine wertvolle Ergänzung zu meinen Ausführungen dar, so daß sich eine Entgegnung erübrigt.

Es ist mir, der ich der Firma BBC angehöre, eine angenehme Pflicht, den Firmen AEG und SSW, die mich durch Überlassen von Bildern wesentlich unterstützt haben, auch an dieser Stelle bestens zu danken.

Gruppe B — Schaltanlagen und Netze

Einführung

Von R. Mestermann

Wenn auch auf dem Gebiet des Schaltanlagenbaues schon eine weitgehende Vereinheitlichung erreicht ist, so muß doch andererseits gesagt werden, daß die Angleichung der Bauformen, vor allem der einzelnen Schaltanlagenteile, noch nicht in demselben Maße durchgeführt ist, wie sie uns z. B. auf dem Gebiet der Generatoren, Motoren, Transformatoren usw. ziemlich unabhängig von der Herkunftsstätte entgegentritt. Diese jetzt noch vorhandene Unterschiedlichkeit z. B. der äußeren Formen, des inneren Konstruktionsaufbaues und der Wirkungsweise der Leistungsschalter wird ebenso noch eine gewisse Zeit zum letzten Ausreifen der endgültigen Bauformen erfordern, wie es — zum Teil beeinflußt eben durch den Entwicklungsstand der Einzelteile — auch bezüglich des Aufbauprinzips und der Bauformen ganzer Schaltanlagen gesagt werden kann.

Vergleicht man jedoch den Schaltanlagenbau vor allem der beiden Länder, die zweifellos auf diesem Gebiet die bedeutendsten Pionierarbeiten geleistet haben, nämlich Deutschlands und der USA, so findet man trotz vieler Parallelentwicklungen noch größere Unterschiede. Es ist überaus reizvoll, eine in den letzten Jahrzehnten durch den Ozean und zwei Weltkriege getrennte Entwicklung vergleichend zu beobachten. Dabei mag an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß die amerikanischen Ingenieure in mancher Hinsicht oft viel konservativer an alten Bauformen festgehalten haben, als es hier allgemein bekannt ist und als es auch manchen deutschen Besuchern erscheint, die in wenigen Wochen die Spitzenleistungen der amerikanischen Technik besichtigen. Es sei beispielsweise nur das überraschend lange Festhalten am klassischen Ölschalter, und hier wiederum an dem „uralten“, wenn auch immer wieder modernisierten O-H-Schalter mit seinen zwei isoliert aufgestellten Ölkesseln pro Phase¹⁾ und an dem uns verschwenderisch erscheinenden Aufwand von zwei Leistungsschaltern je Abzweig²⁾ erwähnt. Natürlich wurden auch die amerikanischen Ölschalter im Laufe der Jahre durch beträchtliche Erhöhung ihrer Schaltgeschwindigkeit und Verminderung ihrer Ölmenge verbessert und ihre Schaltleistung durch Einbau mehr oder weniger komplizierter Kontaktsysteme erhöht — die Amerikaner nannten diese Verjüngungsmittel in Anlehnung an die damals sehr aktuelle Theorie von Freud „monkey glands“, d. h. „Affendrüsen“. Mit Ausnahme der etwa seit 1927 auf dem Markt erschienenen öllosen magnetischen Blasschalter, die durch eine der großen amerikanischen Firmen unter dem Kennwort „De-Ion“ propagiert wurden und bei denen der Lichtbogen durch magnetische Einwirkung unterteilt bzw. sein Fußpunkt zur Wanderung auf einer Kupferspirale gezwungen und dadurch abgekühlt, die Lichtbogenstrecke also auf diese Weise entionisiert wurde, wurden jedoch erst in den letzten Jahren öllose Druckluftschalter in den USA entwickelt und eingeführt.

Eines darf bei dieser Gelegenheit vielleicht gesagt werden, ohne die hervorragenden technischen Errungenschaften der amerikanischen Elektrotechnik irgendwie

verkleinern zu wollen, die sich eines Kapitaufwandes bei ihren Forschungs- und Entwicklungsarbeiten bedienen kann, hinter dem wir leider nur zu weit zurückstehen müssen — nämlich daß die Wettbewerbsfähigkeit auch der deutschen Anlagentechnik nicht zuletzt darin begründet ist, daß sie nicht nur in sorgfältiger Forschungs- und Entwicklungsarbeit geschaffene, den letzten Forderungen der Betriebspraxis angepaßte Neuerungen aufzuweisen hat, sondern daß sie diese Neuerungen auch in besonders liebevoller Sorgfalt so sinnvoll formt und zusammenfügt, daß als Ergebnis ein organisch wirkendes Ganzes entsteht. Allerdings spielt bei diesem Vergleich der Anlagentechnik in den beiden Ländern das sehr verschiedene Verhältnis von Material- und Lohnkosten eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Als wohl wesentlichster Unterschied, der sich wie ein roter Faden auch durch das Schrifttum besonders der letzten Jahre hindurchzieht, steht bei einer vergleichenden Betrachtung der Unterschied der in- und ausländischen Anlagen bezüglich der Nullpunktserdung im Vordergrund. Induktive Erdung durch Erdschlußspulen bei uns, starre widerstandslose oder niederohmige Erdung in den Ländern mit amerikanischer Praxis ist eines der hauptsächlichsten Wesensmerkmale der jeweiligen Anlagen und hat wiederum zur Folge weitgehende Unterschiede bezüglich der Schutztechnik — und zwar sowohl des Sammelschienenschutzes als auch des Netzschutzes —, der Anforderungen an die Schnelligkeit des Abschaltvorganges der Leistungsschalter, der Isolation und des Aufbaues der Transformatoren (Einphasen- bzw. Dreiphasen-Einheiten), der Leitungsisolation, der Phasentrennung in Innenraumanlagen und dergleichen mehr.

Auch die Berichte dieser Fachgruppe lassen den Einfluß vor allem der verschieden gehandhabten Nullpunktserdung auf die Schaltanlagen und die Betriebserfahrungen mit ihnen erkennen, während andererseits z. B. bezüglich der fabrikfertig in Serienfertigung hergestellten Schrankanlagen in Stahlkapselung eine erfreuliche Befruchtung der deutschen Entwicklung durch unsere amerikanischen Kollegen festgestellt werden kann.

So befaßt sich der Bericht des Herrn Reiske mit modernen stahlblechgekapselten, fabrikfertig gebauten Schaltanlagen mit ausziehbaren Leistungsschaltern, die bekanntlich eine ganze Reihe von Vorläufern in Deutschland, England und den USA haben. Es sei nur erinnert an die gußgekapselten, öl- oder massegefüllten, mit Ölschaltern ausgerüsteten, vor allem in England in überaus großem Umfang üblichen Schaltanlagen, die nach unserem Empfinden außerordentlich kompakt, schwer und vor allem bei Revisionen schlecht zu überblicken sind, an die in Deutschland schon seit Jahrzehnten gebauten Schaltschränke sowie an die Entwicklung, die in den USA verstärkt Ende der 20er Jahre sogar mit Spannungen von 33 kV und darüber einsetzte und vor allem Berührungsschutz durch Isolation sämtlicher Teile einschließlich der Sammelschienen bezweckte. Daß die offene Zellenbauweise für Innenraumanlagen, die ihrerseits schon weitgehend vereinheitlicht ist und nach dem Baukastenprinzip den jeweiligen betrieblichen Anforderungen angepaßt

¹⁾ G. Meiners, ETZ 1949, S. 383.

²⁾ R. Mestermann, VDE-Fachberichte 1929, S. 25.

werden kann, stets neben der gekapselten Bauform ihre Bedeutung beibehalten wird, sei nur am Rande vermerkt.

Herr Meiners berichtet aus der Fülle des ihm zur Verfügung stehenden Materials vor allem über geländesparende Bauformen der Schaltanlagen für 100 kV bis zu den höchsten Spannungen und die dabei angewandten Maßnahmen zur Beherrschung der immer weiter zunehmenden Kurzschlußleistungen, über moderne Mittelspannungsanlagen sowohl für Innenraum- als auch für Freiluftaufstellung einschließlich Netztransformatoren-Stationen sowie neuzeitliche Konstruktionen zum Transport sehr großer Nennströme in der Größenordnung mehrerer tausend Ampere sowie auch über raumsparende Schaltwarten und Niederspannungs-Schaltanlagen.

Eines der Hauptprobleme der neuzeitlichen Schaltertechnik neben der Beherrschung der Abschaltleistung und der erforderlichen Schnelligkeit des Abschaltvorganges ist die sichere Ausschaltung kleiner kapazitiver Ströme unter bestimmten Betriebsverhältnissen der angeschlossenen, induktiv geerdeten Netzteile. Der im Gegensatz zu den beiden ersten Fachberichten mehr theoretisch fundierte Bericht des Herrn Fischer hat die Vorgänge beim Abschalten leerlaufender, langer Hochspannungsleitungen von kleinem Restnetz mit induktiver Nullpunktserdung zum Gegenstand. Die eingangs erwähnten Unterschiede des Aufbaues und der Betriebsweise der in- und ausländischen Hochspannungsanlagen haben nämlich gezeigt,

daß interessanterweise die Betriebserfahrungen beim Schalten leerlaufender deutscher 220 kV-Leitungen nicht unwesentlich verschieden waren von den Erfahrungen in den USA, wo bekanntlich die ersten 220 kV-Anlagen mit starrer Nullpunktserdung Anfang der 20er Jahre in Kalifornien und Ende der 20er Jahre in den amerikanischen Oststaaten in Betrieb genommen wurden. Die Überspannungen, die beim Abschalten leerlaufender Hochspannungsleitungen in Anlagen mit induktiv geerdetem Nullpunkt entstehen können, sind beträchtlich höher als in starr geerdeten Netzen. Dies wird bekanntlich³⁾ neben der Schwierigkeit der Beherrschung des Erdschluß-Reststromes von über 150 A in induktiv geerdeten Netzen und anderen Gründen wahrscheinlich dazu führen, daß man auch in Deutschland die zukünftigen 400 kV-Anlagen und vielleicht auch die 220 kV-Netze mit starrer Erdung des Nullpunktes betreiben wird. Der Vortragende zeigt, wie die komplizierten Abschaltvorgänge ohne Netzversuche mit sehr guter Übereinstimmung mit der durch Messungen festgestellten Wirklichkeit theoretisch aufgebaut werden können und wie man mit ihrer Hilfe die Eigenschaften der Schalter so festlegen kann, daß die gefürchteten Rückzündungen, elektrischen Aufschaukelvorgänge und Sternpunktsschwingungen vermindert und dadurch das Schalten leerlaufender Leitungen gefahrloser gemacht wird.

³⁾ W. von Mangoldt, ETZ 1950, S. 468/469. H. Roser, ETZ 1950, S. 470/471

Gekapselte Schaltanlagen, ihre Grenzen und ihr Anwendungsgebiet

Von K. Reiske

In den USA hat seit 1940 eine Entwicklung eingesetzt, die durch eine völlige Kapselung aller Schaltanlagen für Mittelspannungen gekennzeichnet ist [1, 2]. Es haben sich gewisse Standardausführungen herausgebildet, mit denen baukastenartig die verschiedenen Anlagen für verschiedene Zwecke zusammengestellt werden können. Zum

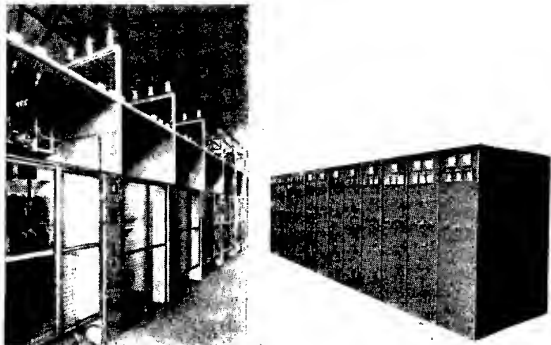


Bild 1 Schaltanlage 10 und 20 kV; links: offen — deutsche Bauform, rechts: gekapselt — USA-Bauform

Vergleich ist in Bild 1 eine amerikanische gekapselte Anlage für 13,2 kV einer deutschen Anlage in der üblichen offenen Bauweise gegenübergestellt. Es sei bemerkt, daß diese neuen amerikanischen Anlagen sich weitgehend von Anlagen früherer Bauarten, hauptsächlich solchen englischer Herkunft, unterscheiden. Die Amerikaner verwenden Blechkapselung anstatt Gußkapselung, Luftisolation anstatt Öl- oder Masseisolation und z. T. bereits ölfreie Schalter [3]. Es drängt sich die Frage auf, welche Bauform die bessere Technik darstellt und ob es notwendig erscheint, das Gute zugunsten des Besseren aufzugeben. Das Ergebnis sei vorweggenommen:

In dem Spannungs- und Leistungsbereich bis 10 kV und 200 MVA bietet die gekapselte Schaltanlage Vorteile, so daß der zunehmende Wunsch nach Einführung gekapselter Schaltanlagen in die deutsche Praxis gerecht-

fertigt ist. Wahrscheinlich wird es gelingen, diese Vorteile auch bei Anlagen der Reihe 20 auszunutzen; die Untersuchungen hierüber sind im Gange. Für Schaltanlagen höherer Spannungen, vor allem solche mit großen Abschaltleistungen und mit Mehrfach-Sammelschienen, dürfte allerdings die offene Bauweise ihre Bewährungsprobe in vielen Jahrzehnten so eindeutig bewiesen haben, daß keine Veranlassung besteht, von dieser bewährten Bauform abzugehen.

Im folgenden werden die Merkmale der beiden Bauweisen gegenübergestellt. Bild 2 zeigt die grundlegenden Maße, die die Abmessungen einer Schaltanlage bestimmen. Die Zellenbreite wird durch das größte Breitenmaß x der spannungsführenden Teile eines Gerätes bestimmt; dies ist im allgemeinen der Leistungsschalter, was allerdings nicht in allen Fällen zuzutreffen braucht. Beidseitig ist je das Maß a zuzurechnen, wobei a die bisher gültige Schlagweite ist. Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß die neuen Richtlinien für Isolationsbemessung, die gegenwärtig in der VDE-Kom-

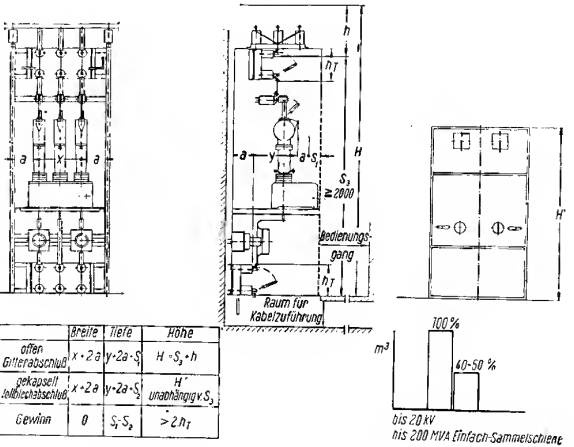


Bild 2 Raumbedarf von Schaltanlagen, offene und gekapselte Bauform

mission 0111 beraten werden, künftig von den Schlagweiten abgehen werden und lediglich Prüfspannungen festlegen. Die Gesamtbreite einer Schaltzelle ist also $x + 2a$; sie ist theoretisch für eine offene und gekapselte Anlage gleich. In der Praxis wird diese Breite bei offenen Anlagen z. T. durch die Konstruktion der Schaltgeräte und die Ausbildung der Zellenbedienungsfronten überschritten. Für die Zellentiefe gilt analog das Grundmaß y , welches das Größtmaß ist, das die spannungsführenden Teile einer oder mehrerer Schaltgeräte innerhalb einer Schaltzelle in Anspruch nehmen, wozu ebenfalls auf jeder Seite die Schlagweite a hinzugerechnet werden muß. Darüber hinaus ist von Bedeutung, daß gemäß den Errichtungsvorschriften VDE 0101 ein Sicherheitsabstand berücksichtigt werden muß, der für Gitter und Gittertüren 100 mm, für Blechtüren 30 mm beträgt. Handelt es sich um eine Wandzelle, so ist dieser Sicherheitsabstand einmal, und zwar auf der Seite des Bedienungsganges, hinzuzuschlagen; bei einer freistehenden Zelle muß der Sicherheitsabstand auch auf der Rückseite der Zelle beachtet werden, so daß sich die Tiefenabmessung einer Schaltzelle ergibt durch das Maß $y + 2a + s$ bzw. $y + 2a + 2s$. Durch Verringerung des Maßes s lassen sich bei einer gekapselten Anlage bereits gewisse, wenn auch nur unwesentliche Einsparungen erzielen.

Die Mindestzellenhöhe einer offenen Anlage ist durch das Maß s' bestimmt, wobei s' zwar kein VDE-mäßig vorgeschriebener Sicherheitsabstand ist, sofern die Leitungen nicht frei über Bedienungsgänge hinweggeführt werden, sondern ein Abstand, den sich der Schaltanlagenkonstrukteur freiwillig auferlegt hat, um eine möglichst große Sicherheit gegen eine unzulässige Berührung spannungsführender Teile zu erreichen. Im allgemeinen wird das Maß s' nicht unter 2000 mm gewählt. Man erkennt nun, daß bei einer gekapselten Anlage in der Höhe wesentliche Einsparungen erzielt werden können, weil auf das Maß s' keine Rücksicht genommen zu werden braucht. Als weitere wesentliche Einsparung kommt der Wegfall von 2 Trennschaltern, jeweils mit dem Maß h_T , hinzu.

Es sei betont, daß in dem vorliegenden Bericht ausschließlich gekapselte Schaltanlagen mit ausziehbaren Leistungsschaltern behandelt werden, denn nur derartige Konstruktionen können auf den Wegfall der vorgeschriebenen Trennschalter verzichten, da die Leistungsschalter durch ihre Ausfahrbarkeit spannungsfrei gemacht werden können.

In der Tabelle sind die bestimmenden Maße für Zellenbreite, Zellentiefe und Zellenhöhe einer offenen und gekapselten Anlage gegenübergestellt, woraus hervorgeht, daß der Hauptgewinn im Raumbedarf einer gekapselten Anlage in einer Einsparung an Höhe liegt.

Auf die Praxis übertragen ergibt sich als Raumbedarf gekapselter und offener Schaltanlagen ein Verhältnis, wie es durch die beiden Säulen in der rechten unteren Ecke des Bildes dargestellt ist. Hierbei ist nicht nur der Raumbedarf der eigentlichen Schaltzelle berücksichtigt, sondern auch der anteilige Bedarf für den Bedienungsgang und für den Kabelkeller zur Heranführung der Kabel.

Als Ergebnis sei festgestellt, daß die gekapselte Anlage mit 40...50 % des Raumbedarfs einer offenen Anlage auskommt. Bei diesem offensichtlichen Raumgewinn muß man sich fragen, warum in Deutschland und seinen Nachbarländern sich die gekapselte Schaltanlage nicht schon früher hat durchsetzen können. Ein Grund mag darin liegen, daß die Vorteile nicht in vollem Umfange erkannt wurden und daß daher die Nachfrage gering blieb. Der vielleicht mehr maßgebende Grund ist aber, daß die bisherigen Konstruktionen nicht restlos befriedigten. Die Verwendung normaler Geräte nach dem üblichen Aufbau offener Anlagen, die dann als Ganzes mit einer Kapselung versehen werden, kann schwerlich zu einer technisch befriedigenden Lösung führen.

Im Bild 3 sei daher eine gekapselte Schalteinheit moderner Bauart gezeigt, bei der man den Forderungen

nach höchstmöglicher Betriebssicherheit und leichter Kontrolle Rechnung getragen hat. Zunächst ist bemerkenswert, daß alle wesentlichen Teile der Anlage gegeneinander abgeschottet sind, so daß sich einzelne Kammern für die Sammelschienen, den Kabelanschluß, den Leistungsschalter und die Betätigungs- und Meßeinrichtungen ergeben. Jeder Teil ist von außen zugänglich. Die Sammelschienen werden ohne zusätzliche Stützer direkt auf den Steckerdurchführungen befestigt. Im übrigen sind sie blank. Die Frage, ob man entsprechend der amerikanischen Praxis die Sammelschienen mit Iso-

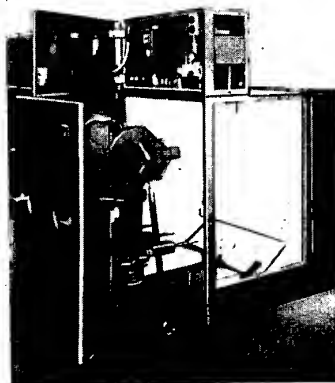


Bild 3 Schaltanlagengruppe mit geschotteten Schalteinheiten, Schalter ausgefahren

lierhüllen umpressen soll, ist zur Zeit noch offen. Die Umpressung erhöht zweifellos die Sicherheit gegen Sammelschienen-Kurzschlüsse, hat aber eine merkliche Verteuerung zur Folge. Die Gefahr von Sammelschienen-Kurzschlüssen ist bei gekapselten Anlagen eher geringer als bei offenen Anlagen, und bei diesen gehören sie zu den größten Seltenheiten; die blanke Sammelschiene hat sich jedenfalls in offenen Anlagen durchaus bewährt.

Schutzblenden, die sich beim Ausfahren des Leistungsschalters automatisch vor die Durchführungsöffnungen schieben, bieten Gewähr, daß das Schaltfeld auch bei ausgefahrenen Schaltern völligen Berührungsschutz gegen spannungsführende Teile bietet. Mechanische Verriegelungen sorgen dafür, daß der Schalter nur im ausgeschalteten Zustand verfahren werden kann. Die Fronttür ist nur zu öffnen, wenn sich der Schalter in der Test-Stellung befindet, d. h. er muß bei geschlossener Tür innerhalb der Zelle so weit bewegt werden, daß die erforderliche Schlagweite von den festen Gegenkontakten erreicht ist.

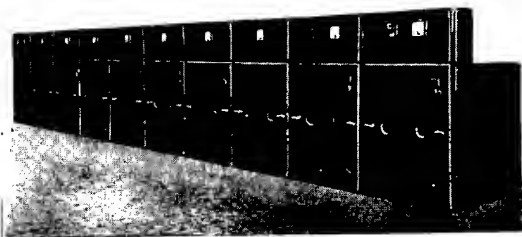


Bild 4 Schaltanlagengruppe mit geschotteten Schalteinheiten, Frontansicht

Die gezeigte Schalteinheit gehört zu einer Kraftwerks-Eigenbedarfsanlage mit 4 Gruppen zu je 10 Einheiten und einer Gruppe mit 15 Einheiten. Bild 4 zeigt die äußere Ansicht einer 10feldrigen Gruppe. Infolge der örtlichen Verhältnisse auf der Anlage sind die Stromwandler im feststehenden Teil der Schalteinheit und die Kabelanschlüsse außerhalb angeordnet. Dadurch und durch die Verwendung neuer Isolatoren mit kleinerer Schlagweite sind die Abmessungen besonders klein geworden. Die Höhe beträgt 1625 mm, die Breite 900 mm und die Tiefe

1250 mm. Für den Transport wurde die gekapselte Anlage aufgeteilt und in je 4 Einheiten versandt.

Im Bild 5 wird der Schnitt durch die gleiche Schalteinheit, jedoch mit eingebauten Strom- und Spannungswandlern, gezeigt. Die Meßwandler sind unterhalb des Leistungsschalters auf dem fahrbaren Teil angeordnet. Hierdurch ergibt sich die beste Raumaussnutzung; die niederspannungsseitige Verbindung mit Relais und In-

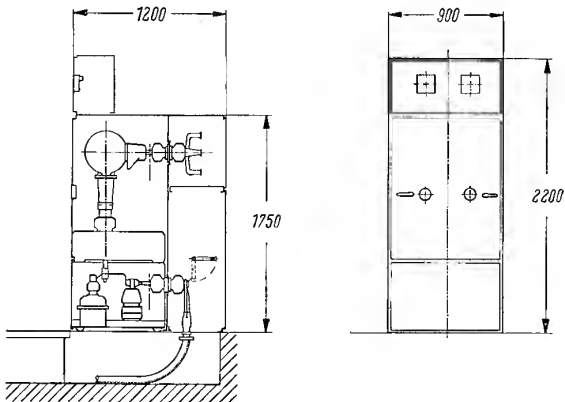


Bild 5 Stahlblechgekapselte, geschottete Schalteinheit für Reihe 10, 600 A, 200 MVA, mit Strom- und Spannungswandlern

strumenten erfolgt über Kupplungsstecker; der Relais- und Instrumentenkasten gehört zum feststehenden Teil der Anlage, so daß in gleicher Weise wie bei den offenen Anlagen die Instrumente und Relais gegen die Erschütterungen beim Schalten geschützt sind. In diesem Zusammenhang muß noch ein weiterer Punkt kurz erörtert werden. Anlagen mit Einfach-Sammelschienen werden in vielen Fällen als Wandzellen errichtet. Bei der gekapselten Bauform muß dieser Forderung auch Rechnung getragen werden, ohne daß die Zugänglichkeit der Anlagenteile beeinträchtigt wird. Diese Forderung kann bei der gezeigten Konstruktion dadurch berücksichtigt werden, daß der Luftschaltstift nicht in horizontaler Ebene, sondern in vertikaler Ebene geführt wird, so daß die Sammelschienen über dem Schalter angeordnet werden. Diese Konstruktion ist in Entwicklung und hat auch Bedeutung für Anlagen mit Doppel-Sammelschienen.

Faßt man die Merkmale einer gekapselten Schaltanlage zusammen, so kommt man zu einem Vergleich nach Tafel 1:

Tafel 1 Merkmale von Schaltanlagen, offene und gekapselte Bauform

Merkmale	offene Anlage	gekapselte Anlage
Raumbedarf	100 %	< 50 %
Standort	geschlossene Betriebsräume erforderlich	freizügig
Bauzeit	Lange Montagezeit, da Zusammenbau an Ort und Stelle	kurze Montagezeit, da fabrikfertige Schalteinheiten
Erweiterung	beim Erstausbau berücksichtigen	freizügig
Berührungsschutz	nur bedingt	vollkommen
Verschmutzungsschutz	kein	weitgehend
Sichtbarkeit	gut	beschränkt
Auswechselbarkeit	schwer, da Schaltgeräte festeingebaut	leicht, da Schaltgeräte fahrbar
REH-Spannungsprüfung	nur Werksprüfung der Einzelgeräte	Werksprüfung der gesamten Anlage

In der ersten Reihe ist nochmals der Raumbedarf angegeben. Die Standortwahl bedarf bei offenen Schaltanlagen-Bauformen genauer Überlegungen, da eine offene Anlage nur in geschlossenen Betriebsräumen unter-

gebracht werden kann, die lediglich dem dafür zuständigen Betriebspersonal zugänglich sind. Die gekapselte Schaltanlage weist in dieser Beziehung Vorteile auf, da man in der Standortwahl weitgehend freizügig ist.

Der Berührungsschutz wird bei offenen Anlagen durch die erwähnten Sicherheitsabstände erreicht. Bei einer gekapselten Anlage ist der Berührungsschutz vollkommen, da sie nach allen Seiten hin geschlossen ist. Der Verschmutzungsschutz ist bei der gekapselten Bauweise ebenfalls weitgehend und kann durch entsprechende Aufwendungen durch Abdichtung der Abschlußtüren praktisch 100prozentig erreicht werden.

Was die Sichtbarkeit der eingebauten Schaltgeräte anbelangt, so ist diese natürlich bei der offenen Bauweise leichter zu erreichen, was bisweilen als großer Vorzug der offenen Bauweise hingestellt wird. Bei der gekapselten Bauform kann jedoch durch eine entsprechende Konstruktion eine leichte Zugänglichkeit der einzelnen Anlagenteile erreicht werden, wie aus den vorangegangenen Bildern hervorging. Die laufende Überwachung von Instrumenten, Flüssigkeitsstand-Anzeigern usw., ist ohnehin möglich, ohne daß vorher Türen geöffnet zu werden brauchen.

Wenn nach Störungsfällen Schaltgeräte ausgewechselt bzw. überholt werden müssen, so ist bei offenen Anlagen eine längere Stillsetzung erforderlich, weil das betreffende fest montierte Gerät ausgebaut werden muß. In gekapselten Schaltanlagen mit ausziehbaren Schalteinheiten genügt das Ausfahren des Schaltwagens. Verfügt man über einen Reservewagen, so kann die Betriebsunterbrechung in den meisten Fällen auf kürzeste Zeit beschränkt werden, da der Reservewagen oder aber auch der fahrbare Teil irgendeines anderen gleichen Feldes, welches gerade nicht in Betrieb ist, in die betreffende Einheit eingefahren werden kann. Da die Einheiten nach Maßlehren gebaut werden, so paßt der fahrbare Teil zu jedem beliebigen feststehenden Teil.

Als weiteres wesentliches Merkmal ist in der Zusammenstellung die Prüfung angeführt, die bei offenen Anlagen im fertiggestellten Zustand bis jetzt nicht üblich gewesen ist, da lediglich die einzelnen Schaltgeräte geprüft vom Werk geliefert wurden. Da die gekapselten Anlagen werksfertig gebaut werden, können sie in komplettem Zustand im Werk der Spannungsprüfung unterzogen werden. Durch die neuesten Leitsätze der VDE-Kommission 0111 für Schaltgeräte, mit neuartiger Isolation [4] sind fabrikfertig errichtete gekapselte Schaltanlagen für 10 kV die komplette Werksprüfung der Anlage mit 40 kV Wechselspannung und eine Typenprüfung mit 80 kV Stoßspannung vorgeschrieben.

Sollte schließlich eine Schaltanlage erweitert werden, so muß bei offenen Schaltanlagen zweckmäßig der Erweiterung durch entsprechende bauliche Maßnahmen von vornherein Rechnung getragen werden, während es bei gekapselten Anlagen genügt, zum gegebenen Zeitpunkt die entsprechenden Schalteinheiten an geeigneten Stellen aufzustellen.

Faßt man die Merkmale dieser Tabelle zusammen, so erkennt man, daß die gekapselte Bauform in technischer Beziehung bemerkenswerte Vorteile aufweist.

Nach dieser Gegenüberstellung der technischen und betrieblichen Seite muß noch erörtert werden, ob die stahlblechgekapselten Schaltanlagen berufen sind, die offene Bauweise auf dem ganzen Gebiet der Innenraum-Schaltanlagen abzulösen. Diese Frage kann verneint werden, weil hier wirtschaftliche Grenzen gesetzt sind. Es ist einleuchtend, daß nur eine Serienfertigung das Ergebnis bringt, welches für eine wirtschaftliche Fertigung angestrebt werden muß. Letzten Endes ist die Massenfertigung in den USA das Geheimnis der Verbreitung der gekapselten Anlagen. Wenn es auch abwegig wäre, unsere deutschen Verhältnisse mit den Verhältnissen in Amerika auf gleiche Basis zu stellen, so ist doch sicher, daß nur eine laufende Fertigung gleichartiger Anlagen zu dem wirtschaftlichen Erfolg führt, der sowohl im

Interesse des Verbrauchers als auch des Herstellers liegt. Hierdurch sind aber die Grenzen mehr oder weniger festgelegt, die für den Bau gekapselter Anlagen in Frage kommen. In Tafel 2 wird gezeigt, welcher Anteil am Gesamtbedarf der Leistungsschalter auf die verschiedenen Spannungen entfällt. Selbst wenn man diese pro-

Tafel 2 Prozentuale Verteilung der Leistungsschalter bis 30 kV nach Ausschaltleistung und Spannung

Nennausschalt-Leistung MVA	Nennspannung		
	10 kV	20 kV	30 kV
5	1,5	—	—
15	14,5	7,5	0,1
100	21,0	6,0	0,2
200	24,0	5,5	1,5
400	8,0	1,5	1,5
600	2,0	0,2	0,7
1000	0,3	—	0,6
	71,3 %	20,7 %	4,6 %

zentualen Anteile nur mit einer entsprechenden Toleranz gelten läßt, geht ohne weiteres hervor, daß der überwältigende Anteil des Bedarfes stückzahlmäßig bei den 10 kV-Schaltern liegt und daß mit den höher werdenden Spannungen der stückzahlmäßige Bedarf außerordentlich rasch absinkt. Da jegliche Serienfertigung an Stückzahlen gebunden ist, kann es nicht ausbleiben, daß gekapselte Anlagen für höhere Spannungen, vor allem für Spannungen von 30 kV, nicht mehr wirtschaftlich herstellbar sind. Hinzu kommt ein anderes Moment: Schaltanlagen für 30 kV sind im allgemeinen Hauptverteilungsanlagen der öffentlichen Energieversorgung, an deren Sammelschienen Schaltleistungen von 600 bis 1000 MVA keine Seltenheit sind. Derartige Hauptverteilungsanlagen lassen sich auch nicht mehr mit Einfach-Sammelschienen ausführen, sondern werden meistens mit Doppel-Sammelschienen oder sogar Mehrfach-Sammelschienen errichtet. Der Aufwand, derartige Anlagen in gekapselter Bauform auszuführen, ist beträchtlich und würde, da solche Anlagen stückzahlmäßig nicht ins Gewicht fallen, wesentlich teurer werden als eine derartige Anlage in offener Bauweise. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei großen Hauptverteilungsanlagen von 10 kV, wenn aus Betriebsgründen Mehrfach-Schienen und Schalter von 600 bis 1000 MVA Schaltleistung benötigt werden.

Welches ist also das bevorzugte Anwendungsgebiet für gekapselte Anlagen? In allen Fällen, wo es sich um Verteilungsanlagen mit Spannungen bis 10 kV handelt, sei es in Fabrikverteilungen, sei es in der öffentlichen Stromversorgung oder in Eigenbedarfsanlagen von Kraftwerken, ist zweifellos die gekapselte Schaltanlage mit Vorteil einzusetzen. Welche Vorteile z. B. die gekapselten Eigenbedarfsanlagen mit sich bringen, sei an Hand eines Kraftwerksentwurfes gezeigt, der veranschaulicht, welche Einsparungen sich erzielen lassen, wenn anstatt der offenen Bauweise die gekapselte Bauweise gewählt wird (Bild 6). Die gekapselte Bauform bietet den großen Vorzug, daß eine dezentralisierte Aufstellung der Anlage möglich ist, da eine Hochspannungseinheit beispielsweise für einen Hochspannungsmotor ohne besondere bauliche Maßnahmen in unmittelbarer Nähe des betreffenden Motors errichtet werden kann. In den USA macht man sich diese Vorteile weitgehend zunutze, indem man die gekapselten Eigenbedarfs-Schaltanlagen unmittelbar in dem Schwerpunkt des Bedarfes (Kessel- und Pumpenhaus) aufstellt, wo ohne besondere bauliche Maßnahmen genügend Platz anfällt. Dies gilt in gleichem Maße bei Aufstellung derartiger Anlagen auf einem Fabrikgelände. Entscheidend ist der Wegfall besonderer Betriebsräume und damit eine nicht unwesentliche Senkung der Gesamtanlagekosten.

Berücksichtigt man die mehrfach erwähnte Raumsparnis und die Tatsache, daß sich die Montagekosten auf der Baustelle darauf beschränken, die fertige Anlage

auf das Fundament zu stellen und die Kabelanschlüsse fertigzustellen, so müssen sich gekapselte Anlagen künftig billiger erstellen lassen als offene Anlagen. Eine Voraussetzung ist dazu notwendig: genau so wenig wie heute bei den einzelnen Schaltgeräten Sonderwünsche gestellt werden, muß diese Beschränkung auch bei der gesamten Anlage gefordert werden. Der Übergang von der Einzel-fertigung, der sogenannten Maßanfertigung, zur Serien-fertigung ist nur erreichbar, wenn die Anzahl der Ausführungen beschränkt wird.

Es ist offensichtlich, daß Einfach-Sammelschienen immer den einfachsten Aufbau ergeben, weshalb diese Ausführung zur Standardausführung erhoben werden sollte (wie in USA). Der Zahl und Anordnung der Wandler sind konstruktive Grenzen gesetzt, sie können darüber hinaus nicht beliebig ausfahrbar oder fest eingebaut verlangt werden. Für die Instrumente und Re-

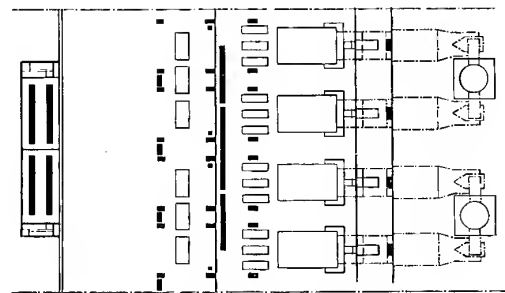
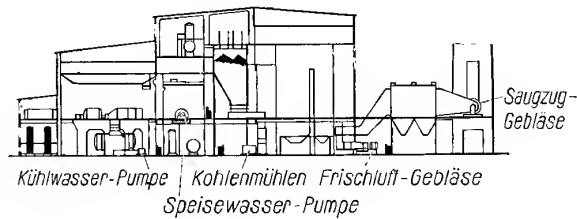


Bild 6 Eigenbedarfsanlage von Kraftwerken, offene und gekapselte Bauform

lais gibt es zwar verschiedene Kombinationsmöglichkeiten, deren Zahl aber nicht willkürlich hoch liegen kann.

Es ist erfreulich, feststellen zu können, daß im Fachnormenausschuß Schaltanlagen die ersten Ansätze zur Rationalisierung des deutschen Schaltanlagenbaues sich zeigen, und der Wille aller Beteiligten läßt hoffen, daß in die Vielfältigkeit des deutschen Anlagenbaues ein gewisses Ordnungsprinzip kommt, was auch für die gekapselten Anlagen von Vorteil sein wird.

Schrifttum

- [1] „Factory assembled substations“ Part I—III, by Craig, Hunter and Madson, General Electric Review, Februar, März, April 1949.
- [2] „Progress in substation design“ by Sayles, Electrical World 21. Mai 1949.
- [3] „Über Fragen des heutigen Schaltanlagenbaues“ von Meiners, AEG-Mitteilungen 1951, Heft 1/2.
- [4] „Die Isolationsbemessung als Problem des Schaltanlagenbaues“ von K. Reiske, ETZ, Heft 4, 1951.

Aussprache

Herr J. Muthig, Krefeld: Es liegen doch sicher schon Erfahrungen und Statistiken nicht nur über die schon älteren englischen gekapselten Anlagen (Reyrolle), sondern auch über die uns mehr interessierenden stahlblechgekapelten Schaltanlagen vor, die nicht nur gestatten, nach der Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu fragen, sondern auch nach der so eminent wichtigen Unfallsicherheit der gekapselten Anlagen gegenüber den offenen Anlagen. Es mag hier gewiß eine Verminderung der Zahl von vielen schweren und tödlichen Unfällen bei den in offenen Anlagen u. U. häufiger notwendigen Reinigungen gegeben sein, vielleicht auch hinsichtlich

der Unfälle bei Arbeiten in Spannungsnähe. Es bleiben aber die Gefahren der Unübersichtlichkeit (trotz Verriegelungen), der erschwerten Herstellung der Spannungslosigkeit wegen der Verringerung der Trennstellen, der zufälligen Berührung bei den kleinen Abständen und vor allem der sog. Berührungsspannung im Sinne des § 3 a von VDE 0100, gegen die die sog. Schutzerdung nur begrenzt schützen kann. Man sollte unbedingt eine gute, zuverlässige Unfallstatistik auch bei diesen Konstruktionen und Neuerungen heranziehen, wie dies ganz allgemein aus sozialen und menschlichen Gründen in Technik und Elektrotechnik Gebot werden müßte. Auch eine psychologisch orientierte Unfallverhütung gehört gerade in den Schaltanlagenbau und -betrieb.

Vortragender: Die Unfallsicherheit bei gekapselten Schaltanlagen muß größer sein als bei offenen Anlagen, da die spannungsführenden Teile der direkten Berührung entzogen sind. Dieser vollkommene Berührungsschutz auf allen Seiten ist bei einer offenen Anlage nicht zu erreichen. Hinsichtlich der Berührungsspannung liegen die Verhältnisse nicht anders als bei offenen Anlagen, da auch bei der gekapselten Anlage die VDE-Vorschriften über Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen beachtet werden müssen.

Es ist dem Berichtersteller nicht bekannt, daß statistische Unfallzahlen vorliegen, die gestatten, einen objektiven Vergleich der Unfälle bei offenen und gekapselten Anlagen zu ziehen, doch muß diesem Gesichtspunkt bei zunehmender Einführung der gekapselten Anlagen Beachtung geschenkt werden.

Herr K. Baurmann, Bonn: Die Fragen des Herrn Dr. Muthig veranlassen mich, darauf hinzuweisen, daß die gesamten Probleme der Betriebssicherheit von gekapselten Hochspannungsschaltanlagen bereits vor etwa 20 Jahren eingehend diskutiert und auch überprüft worden sind. Damals wurden in Deutschland von Felten & Guilleaume Carlsberg A.G., Köln-Mülheim, die gußgekapselten Hochspannungsschaltanlagen System Reyrolle in Lizenz gebaut. Bei diesen Anlagen waren die Sicherheitsmaßnahmen und Konstruktionsgrundsätze, die von dem Herrn Vortragenden erwähnt worden sind, schon sämtlich berücksichtigt. Auch die Schottenbauweise, damals Kammerbauweise genannt, war hierbei angewendet. Grundsätzlich unterschieden sich diese Anlagen von den heute beschriebenen in der Verwendung von Vergußmasse an Stelle von Luft als Isolation. Die Anlagen waren gußgekapselt und so dicht, daß auch ihre Verwendung in Bergbaubetrieben sich bewährt hat. Die anfängliche Fertigung in geringen Mengen erforderte noch verhältnismäßig hohe Anlagekosten, die allein einer weiteren Verbreitung dieser Anlagen seinerzeit im Wege standen.

Herr K. Höpfner, Hannover: Bei den bisherigen blechgekapselten Schaltanlagen der SSW waren die Steuer- und Meßleitungen sofort auch mit unterbrochen, wenn die Hochspannungskontakte am Schalterwagen durch ein geringes Vorziehen des Wagens geöffnet wurden. Hierdurch war ein Prüfen des Schalters mit Fernsteuerung in spannungslosem Zustand nicht möglich. Ein Trennschalter zwischen Sammelschiene und Leistungsschalter wäre auch aus Sicherheitsgründen ratsamer. Bei der Neukonstruktion soll hierauf Rücksicht genommen worden sein, so daß neuerdings die Fernsteuerung auch im spannungslosen Zustand des Schalters ausprobiert werden kann.

Weiterhin ist es wünschenswert, die spannungsführenden Metallteile am Expansionsschalter in der Farbe besonders zu betonen, vielleicht vorne durch senkrechte, breite Streifen in den Phasenfarben. Jetzt ist der neutrale Unterbau z.B. in demselben grau gehalten, wie die nur etwas höhersitzenden, spannungsführenden Metallträger der Isolierstoff-Schaltkammern.

Vortragender: Die Anordnung eines Trennschalters zwischen Sammelschiene und Leistungsschalter erhöht den Sicherheitsgrad nicht, da die gekapselten aus-

ziehbaren Schalteinheiten mechanisch so verriegelt sind, daß der Leistungsschalter in keinem Fall in geschlossenem Zustand ausgefahren werden kann. Im übrigen ist es der Sinn der Ausführbarkeit, die Trennschalter wegzufallen zu lassen.

Herr H. Stühlen, Brauweiler: Als besonders wertvolle Eigenschaft der gekapselten Schalteinheiten wurde die völlige Unabhängigkeit von besonders hergerichteten Schalträumen herausgestellt. Damit könnte man sonst unbrauchbare Räume in Kessel- und Maschinenhäusern aktivieren und auf diese Weise erhebliche Mengen Verbindungskabel einsparen. In diesem Zusammenhang ergibt sich aber sofort die Frage nach der Staubdichtigkeit der Blechgehäuse, da dieselben nunmehr schonungslos den besonders stark in Kesselhäusern anfallenden Verschmutzungen ausgesetzt sind. Hierbei ist noch nicht einmal der grobe Schmutz besonders gefährlich, sondern vielmehr der rußfeine Staub, wie solcher besonders in der Nähe von Kohlenmühlen zu befürchten ist. In Verbindung mit evtl. auftretendem Schwitzwasser könnte dieser feine Staubbiederschlag zu unangenehmen Störungen führen. Die bisher gemachten Erfahrungen mit Blechschränken sind in dieser Hinsicht nicht besonders ermutigend, wie man auch mit Stahlfenstern bislang noch keine guten Erfahrungen in bezug auf Dichtigkeit gemacht hat. Wahrscheinlich muß die Technik des Abdichtens solcher Schaltschränke bei der Realisierung des an sich richtigen Gedankens der gekapselten Anlagen vollkommen neue Wege gehen. Es wäre zu bedauern, wenn bei der Einführung dieser neuen Methode Rückschlüsse in der oben angedeuteten Weise auftreten würden.

Vortragender: Die Gefahr der Schwitzwasserbildung ist bei den neuartigen gekapselten Anlagen gering, da im Gegensatz zu Trafostationen praktisch keine Verlustwärme auftritt, so daß jederzeit sehr schnell ein Temperaturausgleich zwischen den Außen- und Innentemperaturen auftritt. Was die Aufstellung derartiger Anlagen in staubhaltiger Luft anbetrifft, so kann durch entsprechende Dichtungen der Türen verhindert werden, daß sich Staub in unzulässiger Weise in den Anlagen ansammelt. In normalen Betriebsräumen wird man allerdings auf diese zusätzlichen Dichtungen, die einen erhöhten Aufwand bedeuten, verzichten.

Einführender: Ich glaube, die wertvollen Ausführungen und die Bilder des Herrn Vortragenden haben uns ein Schulbeispiel dafür gegeben, wie hier mit liebevoller Sorgfalt besonders zweckmäßige, für Serienfertigung geeignete gekapselte Schaltanlagen entwickelt worden sind. Besonders in der Freizügigkeit der dezentralisierten Aufstellung und in der leichten Austauschbarkeit dürfte für die Betreiber solcher Anlagen ein großer Reiz liegen. Der Appell des Herrn Vortragenden an die Besteller bezüglich der Zurückstellung zu weit gehender Sonderwünsche, um die Anzahl der Ausführungen zu beschränken und wirklich eine wirtschaftliche Serienfertigung zu erzielen, muß im Interesse gerade auch der Besteller unbedingt unterstützt werden, denn nur durch Massenfertigung lassen sich ja auch entsprechend niedrige Preise erzielen.

Herr M. Rohrlach, Hannover (nachträglich schriftlich eingesandt): Können Angaben über die Lebensdauer von den im Freien aufgestellten gekapselten Hochspannungsschaltanlagen (etwa nach den Erfahrungen mit Schaltschränken im Freien) und über den Unterhaltungsaufwand gemacht werden?

Sind schon Erhebungen darüber angestellt, wie hoch sich die Kosten für fertig eingebaute gekapselte gegenüber offenen Schaltanlagen für Reihe 10 und 20 stellen dürften unter der Voraussetzung, daß eine serienmäßige Massenerstellung in einfacher Standardausführung möglich ist? Die auf der Technischen Messe von den verschiedenen Herstellern genannten Preise wurden als nur vorläufige angegeben.

Bei diesem Kostenvergleich wäre es wünschenswert, wenn die bei der gekapselten Anlagen-Ausbildung gegebenen Preisvorteile einzeln angeführt würden, also

1. Verbilligung durch einbaufertige Herstellung in der Werkstatt und dadurch erhebliche Einsparung an den teuren Montagekosten auf der Baustelle,
2. Verbilligung durch Fortfall der Trennschalter vor und hinter dem Leistungsschalter sowie durch Verminderung der Überschlagsabstände,
3. Verringerung des umbauten Raumes und damit
4. Verringerung der entsprechenden Baukosten.

Diese Kostenfrage interessiert nicht nur für die Planung neuer großer Werksanlagen, sondern ebenso für die Errichtung einzelner Übergabe- und Abnehmerstationen in EVU-Netzen, bei denen es, in vielen Fällen darauf ankommt, schnell einsatzfertige Versorgungseinrichtungen zur Verfügung zu haben. Die Anforderungen an solche baukastenmäßig erstellten Anlagen sind auch nicht immer die gleichen, die räumliche Anordnung und der Zwang zum Raumsparen werden sich unter den einzelnen Verhältnissen ganz verschieden ergeben.

Auf jeden Fall sollte durch die Erörterung der Kostenfrage ein möglichst weiter Kreis von Interessenten an-

gesprochen werden, um einen breiten Absatzmarkt für diese vorteilhafte und praktische Bauweise im Interesse der dringend notwendigen Verbilligung ihrer Herstellungskosten zu finden.

Vortragender: Wenn man aus den Erfahrungen mit den im Freien aufgestellten Schaltschränken schließt, so müssen gekapselte Schaltanlagen im Freien eine hohe Lebensdauer aufweisen, vorausgesetzt, daß die Wartung und Pflege derartiger Anlagen regelmäßig erfolgt. Es sind derartige Anlagen bereits seit etwa 15 Jahren in ordnungsmäßigem Betrieb.

Was die Kosten für fabrikfertig gebaute gekapselte Schaltanlagen anbetrifft, so lassen sich im Augenblick noch keine verbindlichen Angaben machen. Nach den bisherigen Überlegungen aber wird es möglich sein, bei serienmäßiger Herstellung die Gesamtkosten einer gekapselten Schaltanlage in ernsthaften Wettbewerb mit denen einer offenen Anlage treten zu lassen. Die Verbilligung bei den gekapselten Schaltanlagen liegt vor allem in den niedrigen Montagekosten und in der Ersparnis der Baukosten, wenn auch nicht übersehen werden darf, daß es sich bei beiden Kostenanteilen teilweise nur um eine Verlagerung auf die Seite der Fabrikationskosten handelt.

Neuerungen im Schaltanlagenbau

Von G. Meiners

In der ganzen Welt hat die Zunahme der auf elektrischem Wege zu übertragenden Energiemengen zu einer Steigerung der Betriebsspannungen geführt. Der Aufbau der an den Knotenpunkten dieser Höchstspannungsnetze entstehenden Schaltanlagen kann nicht einfach unter Verwendung des Storchschnabels aus den bekannten Formen entwickelt werden. Vielmehr ergeben sich durch neuartige Forderungen veränderte Lösungen.

Die höchsten, den heutigen Plänen zugrundeliegenden Betriebsspannungen betragen 400 und 500 kV. Die benötigten Schaltanlagen nehmen ein Gelände von etwa 300×800 m ein, wenn man nicht besondere geländesparende Bauformen anwendet. Hinzu kommt noch folgender Gesichtspunkt: Die im Netz aufzustellenden Transformatoren haben Leistungen von etwa 300...400 MVA und die über diese Trafos aus den Höchstspannungsnetzen in die 100...200 kV-Netze gelangenden Kurzschlußleistungen sind ungeheuer groß, wenn in diesen Netzen nicht eine Netzaufteilung oder andere den Kurzschlußstrom begrenzende Maßnahmen durchgeführt werden. Die amerikanischen Ingenieure sind in ihren 230 kV-Netzen dazu übergegangen, Sammelschienen-Drosselspulen anzuwenden. Während wir auf dem Mittelspannungsgebiet (etwa 30 kV) an das sehr günstige Zusammenarbeiten von Sammelschienen-Drosselspulen und Abzweig-Drosselspulen gewöhnt sind, liegen die Verhältnisse bei den höchsten Betriebsspannungen anders. Dort kann man dank der hohen natürlichen Induktivität der Fernleitungen mit Sammelschienen-Drosselspulen allein auskommen. Ein anderes Mittel zur Kurzschlußleistungs-Begrenzung ist die Netzaufteilung, die bei den angeschlossenen 100 und 200 kV-Netzen zu einer großen Sammelschienen-Zahl (4...6 Sammelschienen) führt.

Wenn wir die Anordnung von 400 kV-Schaltanlagen in den verschiedenen Bauformen miteinander vergleichen, ergeben sich interessante Unterschiede. Die bei uns oft angewendete, sogenannte klassische Bauform erfordert für jeden Abzweig eine Anlagenbreite von 142 m bei einer Felderteilung von etwa 22 m (Bild 1). Die sogenannte portallose Reihenbauweise, bei der die Trennschalter in einer Reihe unterhalb der Sammelschienen und parallel mit diesen stehen, erfordert eine besonders große Fläche. Die amerikanischen Ingenieure haben eine Wolkenkratzerbauform entwickelt, die, wenn wir sie ein-

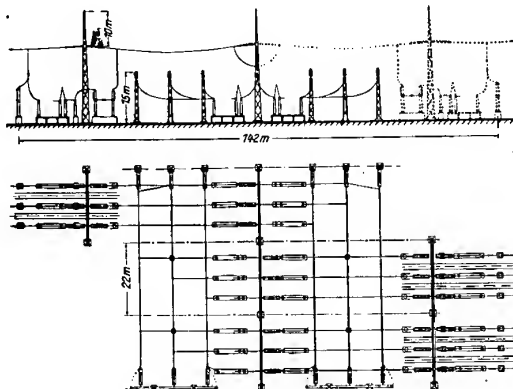


Bild 1 400 kV-Schaltanlage mit zwei Sammelschienensystemen nach der sog. klassischen Bauform

mal auf unsere Geräte anwenden, eine Anlagenbreite von 105 m und eine Felderteilung für jeden Abzweig von nur 11 m ergibt (Bild 2). Diese geringe Felderbreite ist darauf zurückzuführen, daß es diese Wolkenkratzer-Bauform ermöglicht, zwei Leitungen in einem einzigen 22 m-Feld unterzubringen. Ein Abzweig verläßt hierbei die Anlage in Richtung nach links, der andere in Richtung nach

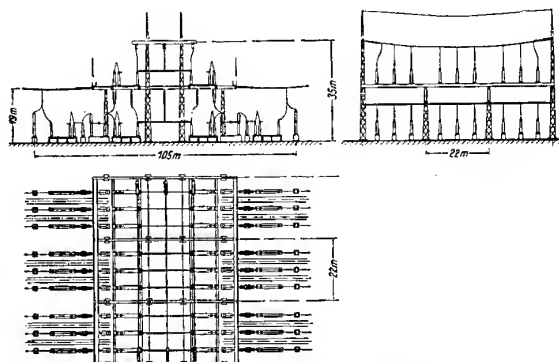


Bild 2 Studie: 400 kV-Schaltanlage mit zwei Sammelschienensystemen nach einer amerikanischen Hochbauform

rechts. Dafür wird aber die Schaltanlagenhöhe außerordentlich groß und zwar etwa 35 m. Die amerikanischen Ingenieure sind derartige hohe Gerüstkonstruktionen auch bei ihren bisherigen Freiluft-Schaltanlagen gewöhnt.

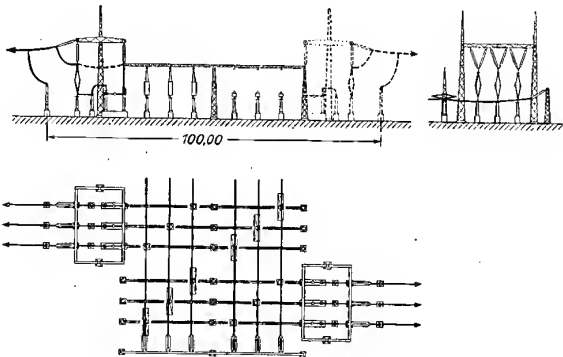


Bild 3 400 kV-Schaltanlage mit zwei Sammelschienensystemen nach der Staffelbauform mit Einpunkt-Scherentrennschaltern

Die Anwendung des von der AEG bereits im Jahre 1943 entwickelten, sogenannten Einpunkt-Scherentrennschalters ermöglicht es, mit außerordentlich geringen Abmessungen auszukommen. Die Feldbreite beträgt 100 m bei einer Felderteilung von 22 m (Bild 3).

Auch die im Zusammenhang mit diesen Höchstspannungsanlagen zu errichtenden 100 kV-Schaltanlagen können nicht ohne weiteres in den bisherigen Bauformen ausgeführt werden, wenn auf Geländeersparnis Rücksicht genommen werden muß, was in den meisten Fällen der Fall sein wird, denn die große Zahl von Sammelschienen

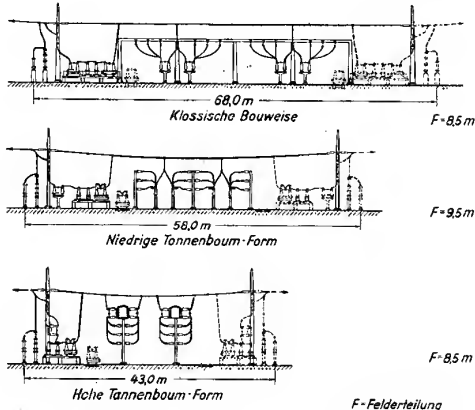


Bild 4 Vergleich des Geländebedarfs verschiedener Anordnungen von 100 kV-Freiluftschaltanlagen mit vier Sammelschienen

hat bei den in Deutschland bisher üblichen Flachbauformen einen großen Geländebedarf zur Folge. Die bei uns oft angewendete, sogenannte klassische Bauform z. B. erfordert bei 4 Sammelschienensystemen eine Anlagenbreite von 68 m bei einer Felderteilung von 8,5 m (Bild 4).

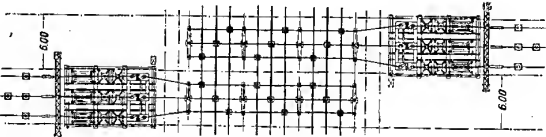


Bild 5 100 kV-Schaltanlage nach der Staffelbauform mit Einpunkt-Scherentrennschaltern und drei Sammelschienensystemen. Anlagenbreite bei vier Sammelschienensystemen beträgt 62 m bei einer Felderteilung F von nur 6 m

In diesem Zusammenhang ist daran zu erinnern, daß der Übergang zu vertikal angeordneten Sammelschienen außerordentliche Geländeersparnisse ermöglicht. Eine Schaltanlage mit 4 Sammelschienen nimmt nur noch 43 m Anlagenbreite in Anspruch (Bild 4). Mit demselben ge-

ringen Geländeaufwand kann man allerdings auch eine Anlage in Flachbauform bauen, wenn man nämlich den Einpunkt-Scherentrennschalter anwendet (Bild 5).

Um auf der 10 kV-Seite der großen Maschinen-Transformator mit Leistungen von 50...300 MVA neuerzeitlicher Kraftwerke die hohen Ströme von den Generatoren zu den Transformatoren zu transportieren, wurde ein Stromschiengkabel nach Bild 6 entwickelt, der fabrikfertig an die Montagestelle geliefert werden kann. Der Spannungsabfall dieser Verbindungsleitung geht aus dem zugehörigen Kurvenbild hervor. Häufig wird der bei Anwendung dieser Schienenverbindung auftretende induktive Spannungsabfall weit überschätzt.

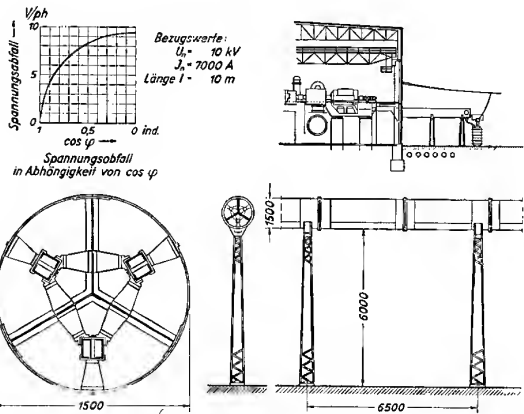


Bild 6 Rohr-Schiengkabel (10 kV) als fabrikfertige Konstruktionseinheit. Darstellung des Spannungsabfalls in Abhängigkeit vom Leistungsfaktor

Aus dem Gebiet der Mittelspannungs-Schaltanlagen soll im vorliegenden Bericht im wesentlichen von Schrankanlagen für Freiluftaufstellung die Rede sein, die sich im Laufe der letzten 1 1/2 Jahre in Deutschland überraschend schnell und gut eingeführt haben. Es ist eine große Zahl verschiedener Bauformen entstanden, aus denen sich einige Normalbauformen entwickelt haben. Dieselben sind bereits zu listenmäßigen, fabrikfertig lieferbaren Anlagen geworden.

Ein neuer Gesichtspunkt, der im Zusammenhang mit diesen Schrankanlagen in Erscheinung getreten ist und auf den hier hingewiesen werden soll, ist die Forderung, diese Anlagen so zu bauen, daß sie wahlweise als Innenraum- oder als Freiluft-Schrankanlagen verwendet werden können. Von unseren ausländischen Bestellern wird diese Forderung immer häufiger gestellt, weil die großen Elektrizitätswerke und besonders die großen Industriewerke im Augenblick der Bestellung derartiger Anlagen häufig noch nicht wissen, ob die eine oder andere der bestellten Anlagen im Innenraum oder im

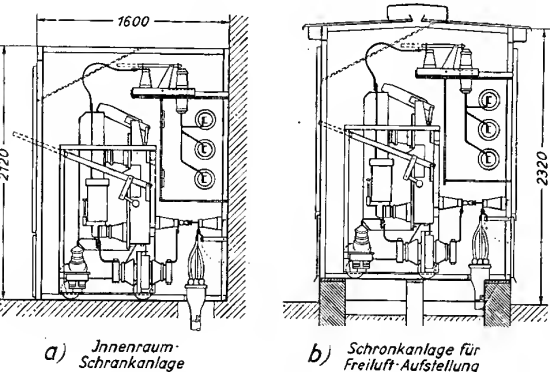


Bild 7 Hochspannungs-Schrankanlage: a) als Innenraum-Schrankanlage zum Anbau an eine Gebäudewand; b) als Freiluft-Schrankanlage, mit einem Sammelschienensystem

Freien aufgestellt wird. Es ergibt sich also die Forderung, die Innenraum-Bauform leicht und evtl. sogar am Montageort in eine Freiluft-Bauform abändern zu können.

Bild 7 zeigt eine typische Schrankanlage mit einer Einfach-Sammelschiene, die entweder als Innenraum-Schrankanlage an eine Gebäudewand angelehnt oder als Freiluft-Schrankanlage im Gelände aufgestellt werden kann. Die Hochspannungsabzweige sind mit Sammelschienen-trennschaltern und flexiblen Trennschalteranschlüssen

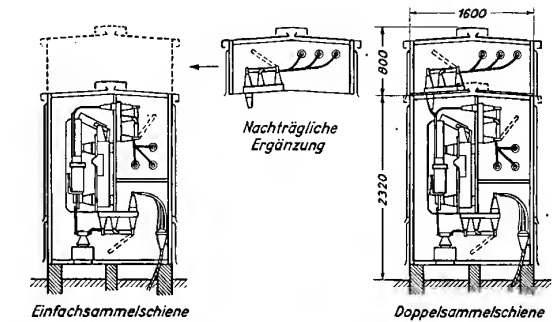


Bild 8 Ergänzung einer Schaltanlage mit einem Sammelschienensystem durch eine zweite Sammelschiene

oberhalb des Leistungsschalters und mit Ausfahrkontakten unterhalb desselben ausgerüstet.

Ein weiterer Gesichtspunkt entsteht durch den Mangel an Kapital in Europa und ganz besonders in Deutschland. Ähnlich wie man gewöhnt ist, Möbel in einer „Aufbauform“, d. h. so zu bauen, daß man die Anlage Teile laufend ergänzen kann, führt der Kapitalmangel zu ähnlichen Bauformen auch im Schaltanlagenbau.

Bild 8 zeigt eine Schrankanlage mit einem Einfach-Sammelschienensystem, die nachträglich durch Hinzufügen eines Aufbauteiles in eine Schaltanlage mit Doppelsammelschienen umgewandelt werden kann. Bei diesen

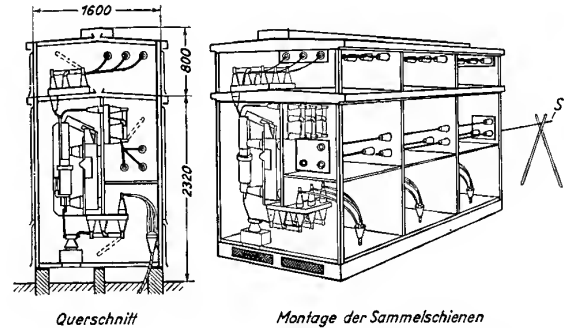


Bild 9 Nachträgliches Einschieben der Sammelschienenleiter nach Zusammenbau der einzelnen Schränke am Montageort

Schrankanlagen besteht montage-technisch ein Vorteil gegenüber den Innenraum-Schaltanlagen insofern, als nach Aufstellen und Zusammenbau der Schaltanlagen-schränke an Ort und Stelle die Sammelschienen in ihrer ganzen Länge in einfacher Weise durch die Wanddurchführungen hindurchgesteckt werden können (Bild 9). Bei der Innenraum-Schaltanlage fehlt es praktisch immer an Raum, um das dargestellte Verfahren anzuwenden.

Auch auf dem Gebiet der Netztransformatoren-Stationen haben sich die Bauformen der Schrankanlagen für Freiluftaufstellung schnell weiter entwickelt. Neben der völlig oberirdischen Anlage ist die Anordnung mit versenktem Transformator entstanden mit dem Ziel, diese Anlagen trotz Geländemangel auch im Stadttinnern aufstellen zu können. Hierbei besteht die Forderung, den oberirdischen Teil der Anlage möglichst klein zu halten (Bild 10).

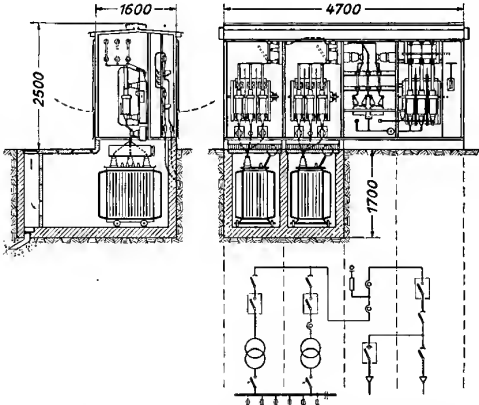


Bild 10 Netztransformatorenstation mit zwei Transformatoren in geländesparender Bauform mit unterhalb des Geländes angeordneten Transformatoren mit einer Leistung von je etwa 200...300 kVA

Es ist verständlich, daß der Konstrukteur in seinem Bestreben, das nicht aktive Material derartiger Anlagen immer mehr zu vermindern, noch einen Schritt weiterzugehen versucht, der auf den ersten Blick völlig absurd erscheint. Der Materialaufwand ist ja gerade auf diesem Gebiet der vielen kleinen Netzumspannstationen sehr erheblich. So ist er auf den Gedanken gekommen, den

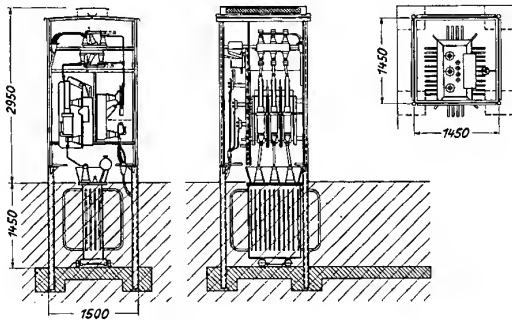


Bild 11 Netztransformatorenstation als Hochspannungs-Schrankanlage ausgebildet mit im Erdreich eingebettetem Trafo

Transformator in das Erdreich einzubetten, um Gebäudekosten völlig zu sparen. Versuche bzgl. Erwärmung sind günstig verlaufen. Hierzu eignet sich besonders der etwas altmodisch anmutende, sogenannte Harfen-Transformator. Der Betriebsfachmann muß die Frage entscheiden, ob die entstehenden betriebstechnischen Nachteile durch die Kostenersparnis aufgewogen werden (Bild 11).

Daß man beim Bau von Freiluftschrankanlagen nicht etwa bei den kleinen Netztransformatoren-Stationen stehengeblieben ist, zeigt Bild 12, das eine in Fertigung begriffene 20 kV-Schrankanlage mit Doppel-Sammelschienen zeigt.

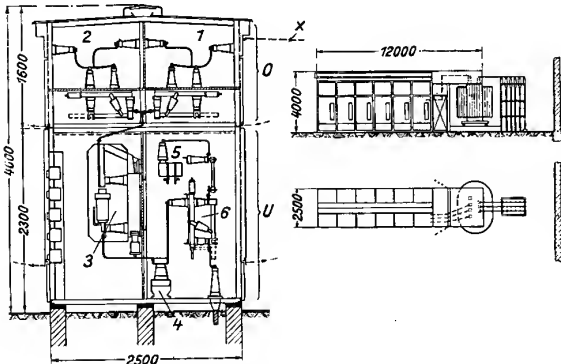


Bild 12 Hochspannungs-Schrankanlage Reihe 20 mit Doppelsammelschienen

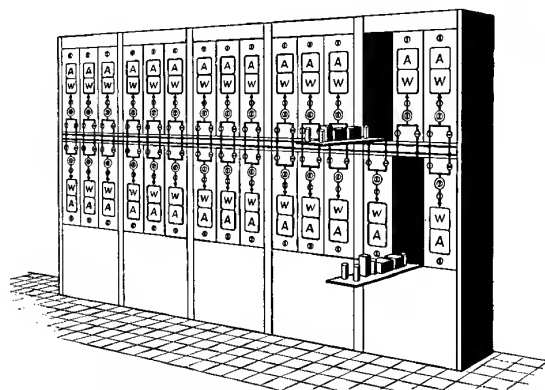
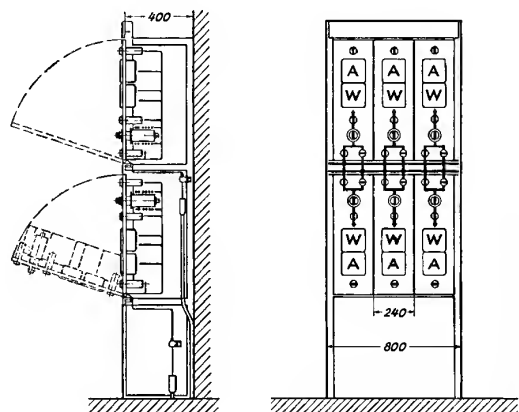


Bild 13 und 14 Wandschalttafel ohne Benötigung eines rückseitigen Kontrollganges mit herunterklappbaren Feldern zur Aufnahme der Meß- und Betätigungsgeräte

Die Forderung nach Verminderung der Abmessungen von Warten hat in Amerika zu einem erheblichen Anwachsen des Interesses an den dort schon seit etwa 20 Jahren gepflegten sogenannten Miniaturwarten geführt, und zwar erstens aus Gründen der Ersparnis und zweitens infolge des Bestrebens, diese Warten möglichst weitgehend fabrikfertig liefern zu können. Hier sollen zwei Lösungen dargestellt werden, die in Deutschland entstanden sind, um an Raum bei der Aufstellung einer Warte zu sparen und die Herstellung von Warten rationeller als bisher zu ermöglichen (Bilder 13, 14 u. 15).

Auch auf dem Gebiet der Niederspannungs-Schaltanlagen werden neue Bauformen mit geringem Raum-

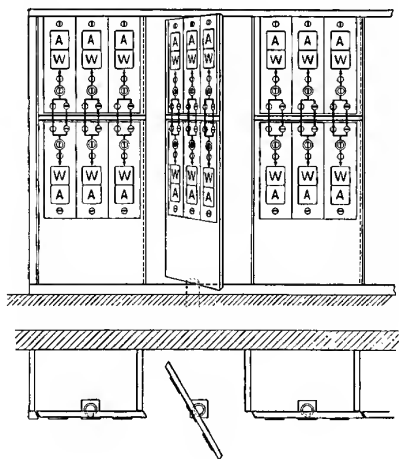


Bild 15 Wandschalttafel mit um eine Achse drehbarer Schalttafel-front (Vorschlag der IIEW)

bedarf entstehen. Die mehrstöckige Anordnung der Abzweige führt zu einer Halbierung der Längenausdehnung unserer Anlagen für 380 V und 500 V (Bild 16).

Wenn man angesichts des starken Wettbewerbes auf dem elektrischen Anlagengebiet in der Welt die deutsche Technik mit der des Auslandes vergleicht, fällt auf, daß

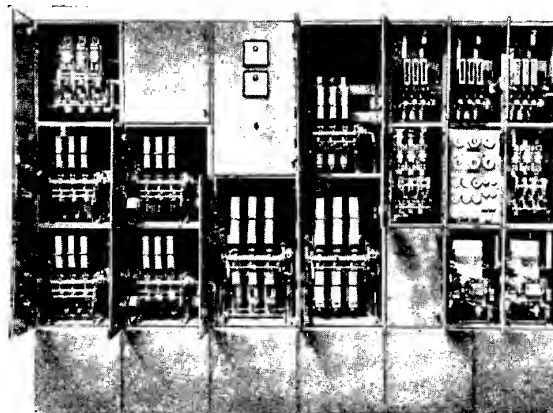


Bild 16 Mehrstöckige Niederspannungs-Schaltanlage in raumsparender Anordnung

die vom Besteller geforderten Einzelwünsche nirgends so zahlreich und weitgehend sind wie gerade in Deutschland. Hierdurch wird eine rationelle Fertigung stark erschwert, wenn nicht sogar unmöglich gemacht. Es wäre ein großer Erfolg, wenn hier ein Wandel geschaffen werden könnte. Jede Unterstützung dieser Bestrebungen fördert die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Anlagentechnik.

Aussprache

Einführender: In Ergänzung der interessanten Ausführungen des Herrn Vortragenden möchte ich der klassischen deutschen Bauform der Höchstspannungsschaltanlagen noch einmal die klassische amerikanische Bauform gegenüberstellen, bei der von dem Mittelgerüst aus nach beiden Seiten symmetrisch die starre Eisenrohrverbindung auf ebener Erde über Trennschalter—Olschalter—Trennschalter zu den ebenfalls aus starren, mit Rostschutzfarbe gestrichenen Eisenrohren bestehenden Sammelschienen führt, eine Bauweise, die sich eben aus der Verwendung von zwei Leistungsschaltern je Abzweig ergab und so eine große Bodenfläche bedingte. Bezüglich der von Herrn Meiners erwähnten Schaltungsmaßnahmen zur Kurzschlußstrombegrenzung, z. B. durch Aufteilung der Transformatorwicklungen, sei an ältere Vorläufer erinnert, die u. a. in Deutschland als „Gruppenschaltung“, in Amerika unter dem Stichwort „synchronizing at the load“ bekannt sind. Zu den gezeigten Bildern von Netztransformatorenstationen mit versenktem Transformator darf ich als historische Reminiszenz die seinerzeit u. a. für die BEWAG entwickelten „Unterpfasterstationen“¹⁾ in Ihr Gedächtnis zurückrufen. Schließlich möchte ich zu dem letztgezeigten Bild der Niederspannungsschaltanlage in raumsparender Anordnung dem Wunsche der Betreiber solcher Anlagen Ausdruck geben, doch die räumliche Konzentration nicht zu weit zu treiben, sondern stets eine gute Zugänglichkeit und Arbeitsmöglichkeit bei Reparaturen zu beachten.

Herr E. Warrelmann, Mannheim: Aus den gezeigten Lichtbildern von Scherentrennschaltern ist die konstruktive Gestaltung der Kontaktbildung zwischen Scherenkontakt und Gegenkontakt an der Leitung nicht eindeutig erkennbar. Können hierüber nähere Angaben gemacht werden?

¹⁾ R. Mestermann, Siemens-Zeitschrift 1931, Seite 502.

Besteht bei dem gezeigten Rohrschienenkanal eine Zugangsmöglichkeit zwecks Auswechslung eines Sammelschienenstückes von außen oder muß der Rohrschienenkanal betreten werden?

Vortragender: Es gibt zwei Möglichkeiten der Ausbildung des Gegenkontaktes. Bei der einen Form besteht die oberhalb der Scherentrennschalter liegende Leitung, an der der Gegenkontakt befestigt ist, aus einer Rohrleitung oder bei besonders großen Spannweiten aus einer Gitterkonstruktion. Dieses Verfahren haben wir bei Modellversuchen im Maßstab 1:1 mit 220 kV-Trennschaltern im Jahre 1943 angewandt. Der Gegenkontakt besteht dann aus einem glockenartigen Gebilde, in das das Kontaktende der Schere in ähnlicher Weise eingeführt wird, wie das bei der Eisenbahnsschranke der Fall ist. Bei der anderen Form besteht die oberhalb der Scherentrennschalter liegende Leitung aus einem Seil oder aus mehreren Seilen, und das Kontaktende der Schere ist als ein Greifkontakt ausgebildet, der im eingeschalteten Zustand des Trennschalters das Seil oder die Seile umfaßt.

Die Zugänglichkeit des Rohrschienenkanals ist dadurch gegeben, daß die äußere Rohrhülle aus Teilstücken besteht, die verhältnismäßig leicht geöffnet werden können. Mit Rücksicht auf den guten Schutz der Isolatoren gegen Verschmutzung dürfte eine Überholung der Inneneinrichtung ohnehin nur in langen Zeitabständen von beispielsweise ein bis zwei Jahren nötig sein.

Herr Ude, Berlin: Ist es nötig, für stahlblechgekapselte Schaltanlagen, bei denen der Trafo unter Flur liegt, Trockentransformatoren oder mindestens Clophenfüllung zu verwenden? Die Anordnung wird natürlich nur dann nötig sein, wenn die Station aus Platzmangel unter Straße, Weg oder Bürgersteig liegt. Vielleicht wäre es zweckmäßiger, die Trafos über Flur und die Schalter unter Flur anzuordnen (bequemes Auswechseln der Trafos und kleinere Senkgruben).

Vortragender: In allen Fällen, in denen das erforderliche Gelände zur Verfügung steht, wird man die Schaltschränke und den Trafo oberirdisch anordnen. In der Stadtmittte oder in besonders dicht bebautem Industriegelände kommt es aber vor, daß der oberirdische Teil einer Schrankanlage möglichst klein gehalten werden muß. Auch der Stadtplaner, der am liebsten die Gesamtanlagen unter den Erdboden verlegen möchte, damit das Stadtbild nicht gestört wird, verlangt in manchen Fällen äußerste Beschränkung der oberirdischen Schrankmaße. In diesen Fällen kann nach unserem Vorschlag der Transformator unterhalb des Geländes angeordnet werden. Die Baukosten von vollkommen unterirdischen Anlagen werden übrigens fast immer weit unterschätzt. Diese unterirdischen Anlagen stellen natürlich die teuerste Bauform dar, die man sich wohl nur sehr ausnahmsweise leisten kann. Das ist in der ganzen Welt so.

Das Interesse an der von mir gezeigten Anordnung mit unterhalb des Geländes angeordnetem Trafo ist in letzter Zeit besonders groß. Selbstverständlich wird durch die Verwendung von Clophen-Transformatoren die Brandgefahr vermindert. Es ist aber zu bedenken, daß in den bekannten Litfaßsäulenstationen Hunderte von Öltransformatoren auf den Straßen der Großstädte stehen, und zwar in vielen Fällen zwei Transformatoren übereinander. Bisher ist kein Fall eines schweren Ölbrandes bekanntgeworden, der z. B. den Straßenverkehr gefährdet hätte. Bei unserem Vorschlag des unterhalb des Geländes angeordneten Trafos sind Ölabflußöffnungen vorgesehen. Derartige Anlagen sind im Bau. Wir haben die Schaltgeräte oberirdisch angeordnet, da diese bedient und kontrolliert werden müssen, was für den unterirdisch angeordneten Trafokessel nicht in gleichem Maße der Fall ist.

Herr P. Duffing, Berlin: Ich möchte Herrn Meiners fragen, ob schon Erfahrungen mit den Gelenken des Einpunkttrenners vorliegen. Es wäre schade, wenn konstruktive Unzulänglichkeiten diese für die Schaltanlage so schöne Lösung beeinträchtigen würden.

Vortragender: Der im Jahre 1943 entwickelte 110 kV-Einpunkttrennschalter wird von der früheren AEG-Fabrik im Osten Berlins hergestellt. Ob bezüglich der Vereisungsgefahr an diesem speziellen Schalter Erfahrungen vorliegen, ist nicht bekannt. Ähnliche Aufgaben wurden aber von den Schalterkonstrukteuren bereits in der Vergangenheit zufriedenstellend gelöst.

Herr H. Stühlen, Brauweiler: Der Herr Vortragende weist auf die außerordentlich großen räumlichen Abmessungen der amerikanischen Anlagen hin. In diesem Zusammenhang wäre es interessant zu erfahren, welche Sekundärspannungen dort bei den Spannungswandlern verwandt werden. Auch in Deutschland bestehen bereits 220 kV-Anlagen, die Verbindungskabel für Spannungswandler mit Längen bis zu 500 ... 600 m erforderlich machen. Selbst bei Verlegung von 10 mm² Kupfer ergeben sich in solchen Anlagen bei Anschluß von nur vier Zählern noch Spannungsabfälle von 0,6 ... 0,7%; in diesem Zusammenhang erscheinen alle Bemühungen zur Verbesserung der Wandler- und Zählerqualitäten in einem etwas fragwürdigen Licht. In den angrenzenden Ländern, beispielsweise in der Schweiz, wird deshalb die Erhöhung der Spannungswandler-Sekundärspannung lebhaft diskutiert, wobei Spannungen bis zu 500 Volt ernsthaft in Erwägung gezogen werden. Bei der Planung für das künftige deutsche 380 kV-Netz wurde für die Spannungswandler ein Übersetzungsverhältnis von 380 000/380 Volt vorgeschlagen, da man mit der Sekundärspannung noch im Bereich der Niederspannungsvorschriften bleiben wollte. Für 220 kV-Spannungswandler wurde eine Sekundärspannung von 2 x 100 Volt in Erwägung gezogen, um den Anschluß an bereits bestehende Anlagen mit 100 Volt Sekundärspannung zu ermöglichen.

Der Herr Vortragende glaubt, daß die von ihm in seinem Vortrag erwähnten kleinen Relais- und Zählerblechhäuschen in den USA-Anlagen nicht zuletzt eben zur Beseitigung der oben geschilderten Schwierigkeiten entstanden seien. Für deutsche, vielleicht sogar europäische Begriffe erscheint eine solche Lösung doch etwas primitiv. Erfahrungsgemäß müssen solche Behälter — denn etwas anderes sind diese Häuschen auf keinen Fall — im Winter beheizt werden, während im Sommer erfahrungsgemäß im Inneren durch direkte Sonnenbestrahlung sehr hohe Temperaturen auftreten. Solche Einflüsse sind aber weder Zählern noch Relais zuträglich, verderben doch bekanntlich die bei diesen Apparaten verwandten Öle besonders rasch durch schnelle Temperaturwechsel. Die Prüfung dieser Geräte, auf die man hierzulande sehr großen Wert legt, muß bei der amerikanischen Anordnung sehr beschwerlich werden und wird wahrscheinlich nur bei gutem Wetter möglich sein. Eine weitere Gefährdung dürfte noch das bei solchen Anlagen immer wieder beobachtete Eindringen von Insekten sein, welche zu gegebener Zeit durch abgelagerten Schmutz Klemmenkurzschlüsse und ähnliches herbeiführen. Sodann steht eine derartige Anordnung der bei uns üblichen Gepflogenheit des öfteren Ablesens der Zähler störend entgegen. Die an sich recht empfindlichen Abdichtungen der Türen müssen täglich wiederholt beansprucht werden; von der Begehung bei Regen und Schnee ganz zu schweigen. Auch die Signale der Schutzeinrichtungen, die in Störungsfällen unbedingt zur Beurteilung des Störungsvorganges zur Verfügung stehen müssen, sind nur mit erheblicher Verzögerung und umständlich erreichbar. Unter diesen Gesichtspunkten betrachtet, erscheint die in Europa angebaute Erhöhung der Sekundärspannung der Spannungswandler als der gangbarere Weg.

Vortragender: Die außerordentliche räumliche Ausdehnung der zukünftigen Freiluftschaltanlagen der Flachbauweise wird den Schaltanlagenkonstrukteuren aus vielen Gründen — u. a. auch wegen des großen Aufwandes für das Steuer-, Meß- und Meldekabelnetz und für eine einwandfreie Erdungsanlage — zwingen, neue

bei den heute verwendeten Schaltertypen Überspannungen auftreten können.

Die Entstehung der gefährlichen Schaltüberspannungen erklärt man sich im allgemeinen aus der Erscheinung der Rückzündung. Der Ladestrom einer leerlaufenden Leitung ist nahezu rein kapazitiv und in der Größenordnung klein gegenüber dem Nennstrom. Betrachten wir hierzu Bild 1. In einem einpoligen Ersatzstromkreis werde der der treibenden Spannung U_g um 90° voreilende Strom I in seinem natürlichen Nulldurchgang vom Schalter unterbrochen. Die Kapazität C behält ihre Ladung, während die EMK der Maschine sinusförmig weiterläuft. Am Schalter erscheint daher die Differenzspannung U , ccsinusförmig mit dem Wert 0 einsetzend. Der geringe Anstieg der Schalterspannung ermöglicht es, daß der Strom schon bei verhältnismäßig kleinen Kontaktabständen unterbrochen werden kann. Nach 2 HW hat die Schalterspannung die Größe $2U_g$ erreicht. Nun soll aber die Schaltstrecke durchgeschlagen werden, d. h. der Stromkreis wird wieder geschlossen. Die Ladung der Kapazität war seit der Unterbrechung des betriebsfrequenten Stromes unverändert geblieben und entspricht nicht dem Wert, den sie im stationären Fall jetzt haben müßte. Mit der Eigenfrequenz des aus L und C gebildeten Stromkreises setzt eine Ausgleichsschwingung ein, welche die Überschußladung der Kapazität abführt. Der Ausgleichstrom i_R hat Sinusform, seine Amplitude wird aus der Rückzündspannung und dem Wellenwiderstand des Stromkreises bestimmt. Ist der Strom gerade eine halbe Rückzünd-HW geflossen, so hat die Kapazität ihre Überschußladung verloren, ihre Spannung ist gleich der treibenden Spannung. Die schwingende Energie ist als magnetische Energie in der Induktivität aufgespeichert. Nach einer weiteren halben HW ist der Rückzündstrom wieder Null geworden, die magnetische Energie der Induktivität ist verschwunden, dafür ist die Kapazität auf entgegengesetzte Polarität aufgeladen worden. An der Schaltstrecke erscheint also, wenn der Rückzündstrom unterbrochen wird, wieder dieselbe Spannung, welche kurz vorher zur Rückzündung Anlaß gegeben hatte, nur mit anderem Vorzeichen. Die Kapazität trägt aber absolut gerechnet nun die dreifache Ladung. Die Schaltstrecke soll die Schalterspannung weitere 20 ms aushalten, dann aber, wenn ihr Wert $4U_g$ geworden ist, soll eine erneute Rückzündung eintreten. Wieder wird die Kapazität umgeladen, gegen den Generator-Nullpunkt hat sie nachher die Spannung $5U_g$. Dies ist der bekannte Aufschaukelvorgang. Wird aber der Rückzündstrom nach der 1. Rückzünd-HW nicht unterbrochen, so wird mit einer weiteren Rückzündhalbwellen der Ausgangszustand wieder erreicht, es tritt kein Spannungsaufbau ein. Bei ungerader Anzahl der unmittelbar aufeinanderfolgenden Rückzündhalbwellen wird die Spannung an der Kapazität vervielfacht, bei gerader bleibt sie konstant. Dies gilt allerdings nur, wenn die Rückzündfrequenz erheblich größer ist als die Betriebsfrequenz. Durch die Dämpfung des Stromkreises wird darüber hinaus Energie vernichtet, die einfache Multiplikation mit 3; 5; 7 usw. stimmt also nicht ganz.

Es gibt natürlich keinen Schalter, dessen Festigkeit sprunghaft in Abständen von 2 HW von 0 auf $2U_g$, $4U_g$ usw. steigt. Das ändert aber grundsätzlich nichts an der Aufschaukelung der Spannung durch die Rückzündschwingung. Das Bild zeigt eben nur den ungünstigsten Fall. Die Festigkeit eines Schalters wird eine stetig zunehmende zeitabhängige Funktion sein. Immer dann, wenn die Schalterspannung die Festigkeit des Schalters erreicht, wird eben eine Rückzündung folgen, die eine Spannungserhöhung an der Kapazität verursacht.

Die Rückzündschwingung ist aber nicht der einzige Ausgleichsvorgang, der im Verlauf der Abschaltung einer langen leerlaufenden Leitung auftritt. H. Baatz hat aus zahlreichen Versuchen in verschiedenen Netzen und mit verschiedenen Schaltern die Ausgleichsvorgänge

analysiert, welche den Abschaltvorgang in besonderem Maße beeinflussen. Er beschrieb diese in einem 1935 gehaltenen Fachbericht und in seiner zwei Jahre später erschienenen Dissertation [1, 2].

Außer der Rückzündschwingung, welche wir soeben kennengelernt haben, ist die Wanderwellenschwingung der Leitung ihrer Frequenz nach von der Leitung abhängig. Ferner treten in Netzen, die über Petersen-Spulen geerdet sind, die „Ausgleichsvorgänge bei Betriebsfrequenz“ und die Sternpunktsschwingung auf. Die Wanderwellenschwingung der Leitung ist für unsere Untersuchung unwichtig, da ihre Amplitude relativ klein ist.

Auch in anderen Ländern hat man sich mit dem Problem der Abschaltüberspannungen beim Schalten langer leerlaufender Leitungen beschäftigt. In Amerika haben mehrere Autoren [3, 4] über umfangreiche Netzversuche und Modellmessungen berichtet. Ihre Auswertung beschränkte sich jedoch im wesentlichen auf die Ermittlung der Höhe der Überspannungen und ihre statistische Zuordnung zu ihrer Häufigkeit. In neuester Zeit veröffentlichte L. R. Bergström [5] Untersuchungen praktischer und theoretischer Art an Druckluftschaltern mit Vielfachunterbrechung der ASEA. Bergström kommt dabei zu ähnlichen Erkenntnissen und Ergebnissen, die auch wir gefunden haben, insbesondere weist er auf die unterschiedliche Auswirkung der Ausgleichsvorgänge bei verschiedenener Sternpunktbehandlung hin.

Unsere Untersuchungen umfaßten anfangs auch nur die eigentliche Analyse von Abschaltoszillogrammen. Die Auswertung der Ausgleichsvorgänge führte aber zu immer tieferem Verständnis der auf den ersten Blick verwirrend aussehenden Oszillogramme. Als wir die Einflüsse der Netzkonstellation abschätzen wollten, wurde uns die Notwendigkeit klar, Netz und Schalter als Ganzes zu betrachten. Wenn aber die quasistationären Schaltzustände, die Ausgleichsvorgänge, die Eigenschaften des Netzes und die des Schalters bekannt sind, kann man den Abschaltvorgang am Reißbrett synthetisch aufbauen. Die Eigenschaften des Schalters werden dabei durch seine Festigkeitskurve wiedergegeben. Schon bei der ersten Konstruktion haben wir eine gute Übereinstimmung von gemessenem und synthetischem Oszillogramm gefunden.

Das Verfahren bietet große Möglichkeiten zur Untersuchung der Schaltvorgänge. So kann man die Entstehung von Überspannungen nicht nur an Hand der Frage der Sternpunktbehandlung studieren, sondern auch den Einfluß der Schaltgeschwindigkeit und des Löschprinzips des Schalters beurteilen. Wir werden im folgenden nur zwei Punkte behandeln. Am Beispiel der für die Überspannungen verantwortlichen Rückzündschwingung soll der Einfluß der Sternpunktterdung diskutiert werden, während der Einfluß des Schalters an seiner Festigkeitskurve besprochen wird.

An einem Oszillogramm der Abschaltung einer 184 km langen 220 kV -Leitung, das Bild 2 zeigt, wollen wir uns zunächst einmal aber die Ausgleichsschwingungen anschauen. Auf dem oberen Teil sind die Schalterspannungen und -ströme sowie der Schaltstiftweg des untersuchten 220 kV -Expansionsschalters aufgezeichnet, unten sind die Sammelschienen- und Leitungsspannungen sowie die Sternpunktspannung und der Sternpunktstrom geschrieben. Die Petersen-Spule war auf wenige Prozent über Vollkompensation eingestellt. Der Expansionsschalter für 220 kV hat 2 Unterbrechungsstellen je Pol, die Leistungskammer, welche von einem Widerstand überbrückt wird, und die Reststromkammer. Der Schaltstift der Reststromkammer ist in seiner Bewegung dem Schaltstift der Leistungskammer zeitlich nacheilend. Der Widerstand in der Größe von einigen $1000\ \Omega$, der die Leistungskammer shuntet, übernimmt in der 2. Phase der Abschaltung den Strom. Wir sehen, daß bei Punkt 11 im Pol R der Strom in der Leistungskammer unterbrochen wird, der Strom fließt nun über den Widerstand, die Spannung, welche die Leistungskammer beansprucht, ist die Span-

nung am Widerstand. Bei Punkt 12 hat sie eine solche Größe erreicht, daß sie die Leistungskammer durchschlägt. Nun erfolgt also eine Rückzündung, die im Stromverlauf ganz deutlich zu sehen ist. Nach einer Rückzündhalbwelle wird der Strom in der Leistungskammer wieder unterbrochen, er fließt weiter über den Widerstand. Man erkennt, daß Strom und Spannung direkt proportional sind. Nun betrachten wir einmal, was die Spannungen der Sammelschiene und des Leiters in dieser Zeit machen. Während sich diese beiden Spannungen bis zum Punkt 11

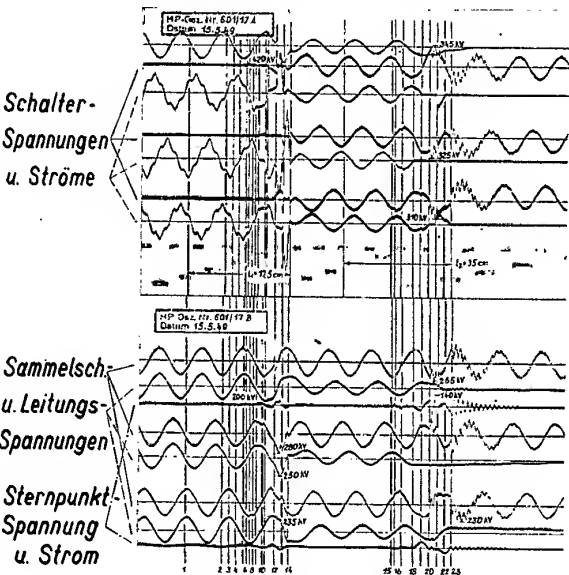


Bild 2 Leerschalten einer 184 km langen 220 kV-Leitung mit dem Expansionsschalter. Sternpunkt induktiv geerdet

nur durch die Lichtbogenspannung in der Leistungskammer unterschieden, gehorchen sie von diesem Augenblick an verschiedenen Gesetzen. Die Leiterspannung ändert sich so, wie es der über die Leiterkapazität fließende Strom vorschreibt, während die Sammelschienenspannung sich aus der treibenden Spannung des Netzes und der Sternpunktspannung zusammensetzt. Bei Punkt 12, im Augenblick der Rückzündung, wird die Sammelschienenspannung auf das Leiterpotential gehoben. Und nun erfolgt die Umladung, wie wir sie prinzipiell beim 1. Bild beschrieben haben.

Die „Ausgleichsvorgänge bei Betriebsfrequenz“ sind nicht direkt aus dem Oszillogramm abzulesen. Man kann mit den Mitteln der theoretischen Elektrotechnik alle quasistationären Elementarzustände errechnen, die sich einstellen, wenn ein oder mehrere Leiter vom Netz abgetrennt sind. Im induktiv geerdeten und kapazitiv belasteten Netz kann aber der neue Zustand aus dem alten nicht sprunghaft hervorgehen. Die „Ausgleichsvorgänge bei Betriebsfrequenz“ sorgen für den Übergang. Die Frequenz dieser Schwingungen ist in Wirklichkeit aber kleiner, als die Betriebsfrequenz. Beide Frequenzen überlagern sich. Das Resultat ist eine, wie der Rundfunksachverständige sagt, amplitudenmodulierte Mischfrequenz. Die Wirkung dieser Vorgänge sieht man z. B. am Verlauf von Strom und Spannung im Pol R nach Punkt 11. Der hier quasistationär einsetzende Strom müßte ohne Ausgleichsvorgang bei derselben Amplitude in seiner Phasenlage um ca. 30° verschoben sein.

Wenn alle Leiter vom Netz abgetrennt sind, so hat der Sternpunkt eine gewisse Spannung gegenüber Erde, denn durch die Petersen-Spule war ja ein Differenzstrom geflossen. Mit der Sternpunktsschwingung zwischen der Induktivität der Löschdrosselspule und der Sammelschienenspannung schwingt sich der Sternpunkt auf Erdpotential ein. Diese Schwingung überlagert sich wiederum

der Sammelschienenspannung und damit der Schalterspannung in allen 3 Leitern und kann zu erneuten Rückzündungen Anlaß geben. Wir haben das vorliegende Oszillogramm ausgesucht, um eine solche Rückzündung zeigen zu können, wie sie bei Punkt 21 zu sehen ist.

Wir wollen am Beispiel der Rückzündschwingung nun feststellen, welchen Einfluß die Sternpunktsbehandlung auf diese hat. Hieraus können wir dann schon wesentliche Rückschlüsse auf das Verhalten von Schaltern in verschiedenen Netzen ziehen.

Während im 1. Bild der Rückzündvorgang ganz schematisch gezeigt worden war, ist auf Bild 3 eine Gegenüberstellung der Ersatzschaltbilder einer leerlaufenden Leitung bei starrer Erdung und bei induktiver Erdung des Netzsternpunktes zu sehen. Die 3 Leiter sind durch ihre Betriebskapazität dargestellt, die Widerstände beschreiben die Dämpfung. In der Oberspannungswicklung des Speisetransformators sind die im Stromkreis enthaltenen Induktivitäten des Leiters, des Transformators und des Netzes konzentriert. In dem rechts gezeichneten Stromkreis ist der Sternpunkt über die Induktivität einer Petersen-Spule geerdet. Darunter sind die für den Ansatz der Rückzündschwingungen in Frage kommenden einpoligen Ersatzstromkreise gezeichnet. Bei starrer Erdung des Sternpunktes gilt, wie bei der Ermittlung der quasistationären Schaltzustände, daß jeder Leiter für sich betrachtet werden kann. Bei einer Rückzündung im Schalterpol R wird die Rückzündschwingung, wie bei dem schematischen Bild 1 schon beschrieben wurde, sich lediglich zwischen der Leiterinduktivität und der Betriebskapazität des Leiters R abspielen. Es erfolgt also eine Umladung der Kapazität des Leiters und dabei eine Spannungsaufschaukelung, wie wir sie schon kennengelernt haben. Bei induktiver Sternpunktserdung hingegen beobachten wir ein grundsätzlich anderes Verhalten. Hier wird nämlich der Rückzündstromkreis gebildet aus einer Kapazität C_1 , welche in dem dargestellten Fall die Betriebskapazität des Leiters R ist, und einer Kapazität C_2 , die aus den beiden parallel geschalteten Betriebskapazitäten der Leiter S und T entsteht. Unter Entladung der Kapa-

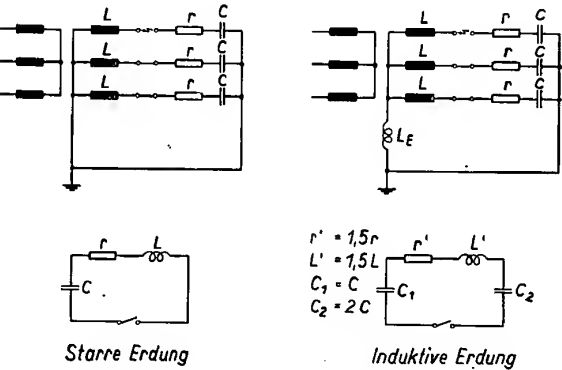


Bild 3 Ersatzstromkreise für die Rückzündschwingung beim Leerschalten von Hochspannungsleitungen
a) bei starrer Erdung b) bei induktiver Erdung des Sternpunktes

azität C_1 wird die Kapazität C_2 aufgeladen. Die Leiterspannungen der Leiter S und T werden durch die Rückzündung im Schalterpol R erhöht. Ein geringer Bruchteil der Ladung von C_1 fließt natürlich auch über die Petersen-Spule ab, ihr Anteil ist aber bei Vollkompensation kleiner als 5%, so daß das induktiv geerdete Netz für eine Rückzündschwingung als isoliert angesehen werden kann. Die Leiterspannungen der sekundär an der Umladung beteiligten Leiter werden daher verändert, obwohl sie selbst im Augenblick gar keiner eigenen Rückzündung unterworfen sind. Im starr geerdeten Netz ist eine gegenseitige Beeinflussung nicht vorhanden. Die Frequenz der Rückzündschwingung ist im induktiv geerdeten Netz dieselbe wie im starr geerdeten Netz.

Wird die Dämpfung sehr groß, d. h. überschreitet sie den aperiodischen Grenzwert, so kann die Umladung bei starrer bzw. Aufladung bei induktiver Sternpunktserdung nicht mehr mit einer echten Schwingung erfolgen. Insbesondere ist der Rückzündstrom nicht mehr sinusförmig, sondern steigt nach einer Exponentialfunktion an und setzt sich in dem betriebsfrequenten Strom fort. Wird bei starker Dämpfung die Schaltstrecke infolge einer Rückzündung durchschlagen, so kann eine Stromunterbrechung erst wieder beim nächsten Betriebsstrom-Nulldurchgang erfolgen. Bis dahin ist aber die bei der Rückzündung auf dem Leiter liegende Überschußladung im Dämpfungswiderstand vernichtet worden, es tritt keine Spannungserhöhung durch die Rückzündung auf.

War nur noch ein Leiter mit dem Netz verbunden, so kann bei der Rückzündung eines 2. Leiters entweder die Rückzündschwingung auf diese beiden Leiter beschränkt bleiben oder aber auch der 3. Leiter mitgerissen werden. Die Sammelschienenkapazitäten werden bei der Rückzündung in einem ähnlichen Vorgang aufgeladen, die Frequenz dieser Schwingung ist sehr groß, da die Sammelschienenkapazitäten klein sind. In sehr kurzer Zeit wird die Sammelschienen-Spannung aller drei Leiter stark angehoben, so daß die Schalterspannung die im Augenblick vom Netz abgetrennten Leiter durch eine sekundäre Rückzündung mitreißt.

Nachdem wir am Beispiel der Rückzündschwingung gesehen haben, daß es für den Abschaltvorgang nicht gleichgültig ist, ob der Netzsternpunkt starr oder induktiv geerdet ist, wollen wir uns nun dem Einfluß des Schalters und seiner Eigenschaften zuwenden. Wird der Strom in einem Schalterpol unterbrochen, so erscheint an der Schaltstrecke eine Spannung, die im Falle der starren Sternpunktserdung Kosinusform besitzt. Bei induktiver Sternpunktserdung wird gleichzeitig das Potential des Sternpunktes gegenüber Erde gehoben, so daß die Schalterspannung steiler als die Kosinusform ansteigt. Wir haben schon gesehen, daß eine Rückzündung dann eintritt, wenn die Schalterspannung die Festigkeit der Schaltstrecke überschreitet. Diese Festigkeit der Schaltstrecke ist in ihrem Verlauf abhängig vom Schalter und dem Löschmittel. In Bild 4 ist der Verlauf der Festigkeit von Leistungsschaltern gezeichnet. Über dem Weg, den der Schaltstift auf Grund der mechanischen Konstruktion des Schaltgerätes zurücklegt, ist diejenige Spannung als Scheitelwert einer Wechselspannung von 50 Hz aufgetragen, die bei der jeweiligen Schlagweite und dem Zustand des Löschmittels einen Durchschlag ergibt. Ist das Löschmittel kalt, d. h. ist vorher kein Strom geflossen, so erhalten wir die Kurve des dielektrischen Festigkeitsanstieges. Dabei ist vorausgesetzt, daß z. B. bei ölarmen Schaltern das Öl in seinen durch den Ausschaltvorgang verursachten Bewegungszustand versetzt ist, bzw. bei Druckluftschaltern die Schaltstrecke unter der Einwirkung der strömenden Luft steht. Bei Mehrfachunterbrechung ist diese Linie die Summe der Festigkeitswerte der einzelnen Unterbrechungsstellen. Ist nun ein Strom über die Schaltstrecke geflossen und in seinem natürlichen Nulldurchgang unterbrochen worden, so war die Festigkeit der Schaltstrecke bis dahin Null. Entsprechend der Entionisierung und der Abkühlung der Schaltstrecke steigt die Festigkeit nunmehr sehr rasch an, bis sie in der Kurve der dielektrischen Festigkeit bei kaltem Löschmittel endet. Tritt ein Durchschlag ein, wenn die Schalterspannung diese thermische Festigkeitskurve erreicht, so sprechen wir von einer Durchzündung, während wir als Rückzündung den Durchschlag bezeichnen, wenn die Schaltstrecke ihre dielektrische Festigkeit erreicht hat. In Amerika ist man bei der Bezeichnung der Rückzündung noch etwas großzügiger: Dort wird eine Rückzündung nur dann gezählt, wenn sie frühestens eine halbe Halbwelle nach der Stromunterbrechung einsetzt.

Der Einfluß des Schalters auf den Abschaltvorgang kann sowohl durch den thermischen Festigkeitsanstieg

wie auch durch den dielektrischen Festigkeitsanstieg variiert werden. Hat ein Schalter nämlich einen steilen Anstieg seiner dielektrischen Festigkeit, d. h. ist seine Ausschaltgeschwindigkeit groß, so macht er unter Umständen wohl der Zahl nach weniger Rückzündungen als ein langsamer Schalter, aber dafür sind die Rückzündspannungen und damit die durch Aufschaukelung aufgebauten Überspannungen höher. Der Charakter des thermischen Festigkeitsanstieges entscheidet darüber, ob

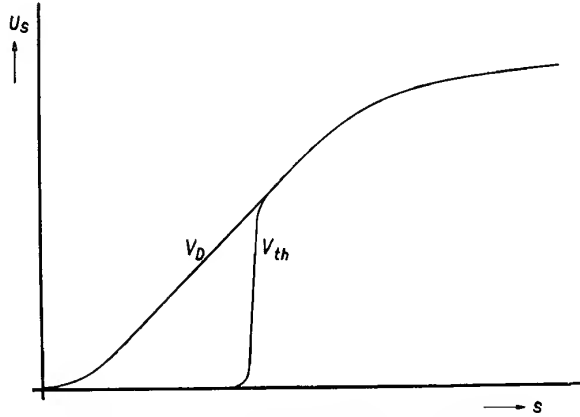


Bild 4 Thermischer und dielektrischer Festigkeitsanstieg bei Leistungsschaltern

bevorzugt einhalbwellige oder mehrhalbwellige Rückzündungen auftreten. Das hat folgenden Grund: wir haben schon erfahren, daß nach Beendigung einer Rückzündung die Schalterspannung mit einem bestimmten Wert einsetzt. Auf diesen Wert schwingt sie sich aber ein wie nach einer Kurzschlußunterbrechung. Es ist klar, daß ein Schalter, der auf die Eigenfrequenz eines Netzes empfindlich reagiert, infolge von Durchzündungen bevorzugt mehrhalbwellige Rückzündungen machen wird.

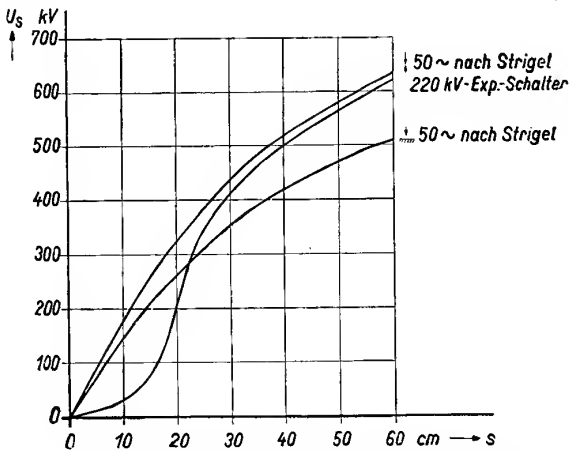


Bild 5 Dielektrischer Festigkeitsanstieg eines 220 kV-Expansions-schalters

In Bild 5 ist der dielektrische Festigkeitsanstieg eines 220 kV-Expansions-schalters gezeichnet. Diese Kurve ist aus der Auswertung vieler Abschaltoszillogramme gewonnen worden. Sie zeigt, daß die dielektrische Festigkeit des ölarmen Schalters bei kleinen Kontaktabständen noch gering ist. Wir führen diese Erscheinung auf die verminderte Ölfestigkeit durch Auslösung von Luft infolge der Durchwirbelung des Oles zurück. Der ölarme Schalter wird also bei sehr kleinen Kontaktabständen den Strom noch gar nicht unterbrechen. Nach einem steilen Anstieg lehnt sich der dielektrische Festigkeitsanstieg an die Kurve der Durchschlagsspannung für die Anordnung

Spitze—Spitze bei großen Schlagweiten unter Öl an, welche von R. Strigel [6] gemessen und angegeben worden ist. Den Anstieg der thermischen Festigkeit brauchen wir vorerst nicht zu untersuchen, da wir aus der Kenntnis des Löschrinzips der Expansionsschalter und aus vielen Abschaltversuchen wissen, daß ausschließlich einhalbwellige Rückzündungen auftreten.

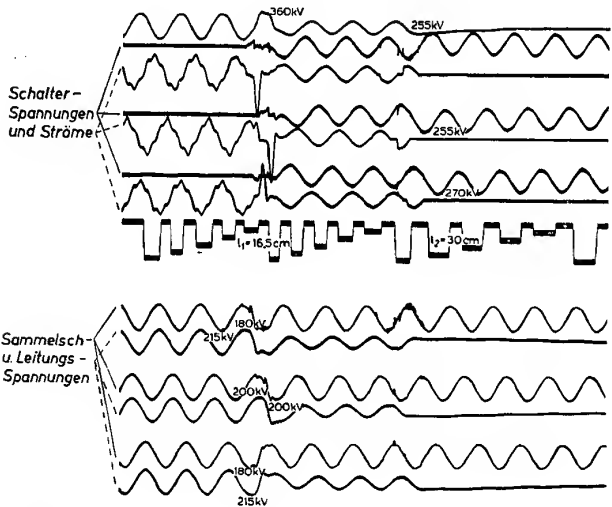


Bild 6 Wie Bild 2, aber Sternpunkt starr geerdet

Da die Expansionsschalter für Höchstspannung geometrisch ähnlich aufgebaut sind, kann diese Kurve der dielektrischen Festigkeit ganz allgemein für sie in Anspruch genommen werden. Der Verlauf der dielektrischen Festigkeit über der Zeit ergibt sich dann einfach aus der Wegzeitkurve der Schaltstiftbewegung.

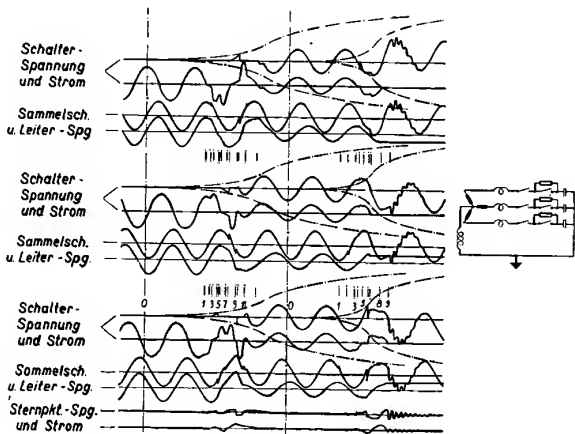


Bild 7 Wie Bild 2 aber gerechnet und synthetisch aufgebaut

Wir wollen nun noch einmal kurz das Abschaltoszillogramm bei induktiver Sternpunktterdung (Bild 2) betrachten und dabei zuerst unser Augenmerk auf die Rückzündschwingung richten. Wir sehen, daß bei der ersten richtig ausgeprägten Rückzündschwingung in Pol R bei Punkt 12 dieselbe Rückzündhalbwelle im Stromverlauf in Pol S aufgezeichnet ist, nur fließt hier der Rückzündstrom in der entgegengesetzten Richtung durch den Schalter. Bei Punkt 13 folgt eine Rückzündung in Pol T, auch hier wird der Strom in Pol S in entgegengesetzter Polarität geschrieben. Mit Ausnahme eines Löschrversuches in Punkt 9 hat der Pol S also gar keine eigene Rückzündung aufzuweisen. Wir betrachten ferner eine Rückzündung, wenn in dem Stromkreis ein großer Dämpfungswiderstand eingeschaltet ist, z. B. bei Punkt 17 in Pol R.

Der Rückzündstrom geht exponentiell in den Betriebsstrom über.

Nunmehr sei kurz auf die Rückzündung im starr geerdeten Netz hingewiesen. Das Abschaltoszillogramm derselben Leitung mit demselben Schalter und derselben Speisung zeigt Bild 6. Man erkennt hierbei deutlich sowohl in der 1. Phase als auch in der 2. Phase des Abschaltvorganges, daß die Rückzündungen nur einen einpoligen Leiterstromkreis an der Umladung beteiligen. Ein nennenswerter Spannungsaufbau ist nicht zu erkennen.

Der Vergleich des Abschaltoszillogrammes bei induktiver Sternpunktterdung mit dem mit den gleichen Netzdaten synthetisch aufgebauten Abschaltvorgang, der in Bild 7 dargestellt ist, ergibt eine gute Übereinstimmung beider Bilder. Die Anordnung der Einzelvorgänge ist etwas anders getroffen, Schalterspannung und Schalterstrom, sowie Sammelschienen- und Leiterspannungen sind für jeden Pol zusammengefaßt worden. Die Sternpunktspannung und der Sternpunktstrom sind am unteren Rand gezeichnet. Bemerkenswert ist die Eintragung der den Abschaltvorgang steuernden Kurven der dielektrischen Festigkeit für die Leistungskammer und die Reststromkammer des untersuchten 220 kV-Expansionsschalters. Man sieht deutlich die Rückzündungen in den einzelnen Polen sowohl in der ersten als auch in der zweiten Phase des Abschaltvorganges, wenn die Schalterspannung die Festigkeitslinie erreicht. Bei Punkt 10 der ersten Phase kann man in Pol T das Mitreißen bemerken. Die Sternpunktsschwingung hat nicht eine solche Größe, daß sie zu einer nochmaligen Rückzündung Anlaß geben könnte, nachdem alle Leiter vom Netz getrennt sind.

Die Ausgleichsvorgänge beim Abschalten langer leerlaufender Hochspannungsleitungen sind durch neue Erkenntnisse weiter geklärt worden. Beim Übergang auf starre Sternpunktterdung sind unter gewissen Voraussetzungen geringere Überspannungen zu erwarten als sie heute noch gelegentlich in 220 kV-Netzen auftreten. Der Einfluß des Schalters ist bestimmend für den Ablauf des Abschaltvorganges. Durch das Verfahren des synthetischen Aufbaus von Abschaltoszillogrammen können Verbesserungen der Schaltgeräte und ihre Bewährung bei beliebigen Netzkonstellationen studiert werden.

Schrifttum

[1] H. Baatz, „Vorgänge beim Abschalten leerlaufender Hochspannungsleitungen“, VDE Fachber. 1935, S. 35.
[2] H. Baatz, „Hochfrequente Ausgleichsvorgänge bei Betriebs- und Fehlerschaltungen in Drehstromhochspannungsnetzen“, Diss. T. H. Berlin, 1937.
[3] R. D. Evans, A. C. Monteith und R. L. Witzke, „Power System Transients Caused by Switching and Faults“, AIEE Trans., Bd. 58 (1939) S. 386.
[4] W. M. Leeds und R. C. van Sickle, „The Interruption of Charging Current at High Voltage“, AIEE Proc., Bd. 65 (1947), S. 1.
[5] L. R. Bergström, „Kopplingsöverspanningar i stora kraftnät“, Tekn. Tidskr., 1949, S. 915.
[6] R. Strigel, „Die elektrische Festigkeit von Anordnungen des Spitzenfeldes bei größeren Schlagweiten unter Öl“, Wiss. Veröff. Siemens, XXI (1943), S. 228.

Aussprache

Einführender: Die außerordentlich interessanten Ausführungen des Herrn Fischer zeigen, wie es in Anlehnung an frühere Arbeiten gelungen ist, noch größere Klarheit in die an sich doch immerhin nicht ganz einfachen Vorgänge bei der Abschaltung von Netzteilen unter bestimmten besonders schwierigen Betriebsverhältnissen zu bringen, die auch den Fachleuten zunächst manches Rätsel aufgaben. So sind trotz einer zunächst anscheinend vorhandenen unübersichtlichen Kompliziertheit für diese Vorgänge physikalische Erklärungen gefunden, die recht plausibel erscheinen. Letzten Endes kommt es ja bekanntlich bei allen Schaltvorgängen darauf an, eine so gute Kühlung des Lichtbogens zu erreichen, daß die Schnelligkeit der dielektrischen Wiederverfestigung der Schaltstrecke größer ist als die Schnelligkeit des Anstieges der treibenden wiederkehrenden Spannung, und zwar der betriebsfrequenten Spannung ein-

schließlich des überlagerten Einschwingvorganges, dessen Frequenz ja sowohl vom Augenblick der Schaltung, als auch von der Netzkonfiguration abhängig ist¹⁾. Auf diese „speed of recovery of the electric strength of the arc“, also auf die Geschwindigkeit der Wiederherholung der dielektrischen Festigkeit des Lichtbogens, wie es der Amerikaner Dr. J. Slepian schon in den zwanziger Jahren ausdrückte, kommt es an.

Es sei bei dieser Gelegenheit an einen am 14. 3. 1950 vor der ETG Hannover gehaltenen Vortrag des Herrn Autenrieth über die Aufklärung einiger solcher Vorfälle erinnert, bei denen zunächst überraschende Überspannungen einmal beim Schalten der letzten leerlaufenden Leitung von einem kleinen Restnetz, also von einem Netz kleiner Kapazität, ferner bei der Abschaltung des Leerlaufstromes eines Transformators und schließlich bei der Abschaltung eines dreipoligen Erdkurzschlusses an einer Sammelschiene auftraten. In allen Fällen wurde die Ausbildung der Überspannungen durch die Unterbrechung des Magnetisierungsstromes großer Induktivitäten vor dem natürlichen Nulldurchgang verursacht und hätte bei starrer Nullpunktserdung praktisch vermieden werden können.

Herr F. Parschalk, Mannheim: Das Problem des Abschaltens leerlaufender Hochspannungsleitungen hat in letzter Zeit auch im Ausland sehr großes Interesse erweckt, und es dürfte interessant sein, auf die vor kurzer Zeit im französischen 220 kV-Netz von der Electricité de France in der Anlage Fontenay durchgeführten Schaltversuche hinzuweisen, wobei leerlaufende 220 kV-Leitungen mit einer Länge von 18...828 km geschaltet wurden. Der abgeschaltete Ladestrom (Effektivwert) betrug je nach Leitungslänge etwa 12...440 A. Die Versuchsergebnisse zeigten, daß es bei Verwendung von Druckluftschnellschaltern möglich ist, solche leerlaufenden Leitungen ohne Rückzündvorgänge und ohne Überspannungen abzuschalten. Bei diesen Versuchen wurde u. a. ein BBC-Druckluftschnellschalter Reihe 220 der normalen Säulenform mit potentialgesteuerter Vielfachunterbrechung verwendet. Gleichzeitig wurde jedoch auch die neueste Entwicklungsform des BBC-Druckluftschnellschalters Reihe 220 mit horizontal liegenden Löschkammern und potentialgesteuerter Vielfachunterbrechung geprüft. Beide Schaltertypen schalteten die verschiedenen langen leerlaufenden Leitungen vollständig gleichwertig ohne jede Rückzündung und ohne irgendwelche Spannungserhöhung ab. Diese in großzügiger Weise durchgeführten Versuche bewiesen, daß das Problem des Abschaltens leerlaufender Hochspannungsleitungen beim Druckluftschnellschalter als gelöst betrachtet werden kann.

Herr H. F. Schwenkhagen, Wuppertal: Die sehr schönen Ausführungen des Herrn Vortragenden scheinen mir in doppelter Hinsicht lehrreich. Sie zeigen erstens den Wert der „grauen Theorie“, der es gelingt, selbst so verwickelte Vorgänge wie die Löschungen und Zündungen im Abschaltvorgang zu entwirren. Zum anderen ergibt sich aus dem Vortrag wieder einmal der Nachteil einer zu weitgehenden Geheimniskrämerei. Hinsichtlich der Analyse der Schaltvorgänge — auch im Zusammenwirken quasistationärer Schwingungen und Wanderwellen — gehen anscheinend die jetzt vorgebrachten Theorien nicht über das hinaus, was schon um die Mitte der zwanziger Jahre die Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen mit ihrem ersten Reise-Oszillographen festgestellt hat, als im 100 kV-Netz der Elektrowerke sich solche Erscheinungen erstmalig in bedrohlicher Form zeigten. Die Versuche sind damals anfangs unter Mitwirkung von Prof. Rüdenberg und Prof. Biermanns durchgeführt worden. An der endgültigen Klärung sind besonders auch die Herren Schwenk und Leopold von den Elektrowerken beteiligt gewesen. Der Bericht darüber ist aber sozusagen

unter Ausschuß der Öffentlichkeit veröffentlicht worden und deshalb anscheinend ganz in Vergessenheit geraten, so daß man heute sogar geneigt ist, spätere ausländische Arbeiten zu diesem Thema eher zu zitieren.

Neu und besonders wertvoll am heutigen Vortrag scheint mir die Bekanntgabe der Zeitabhängigkeit — bzw. Wegabhängigkeit — der Grenzkurve für die wiederkehrende Durchschlagsfestigkeit der Schaltstrecke in einer modernen Schaltertype, zu der ich noch eine Frage habe: Sind diese Werte statisch am ruhenden Kontakt gemessen? Die Bemerkung über die Mitwirkung der Turbulenz der Ölströmung am ersten Kurventeil widerspricht dem allerdings. Wie ist dann aber die Kurve gemessen? Wertvoll könnten die Untersuchungen des Vortragenden besonders dann sein, wenn es an Hand solcher Kurven gelingen würde, aus Prüffeldmessungen zusammen mit den bekannten Daten der Anlage das Verhalten der Schalter im praktischen Einsatz soweit vorausbestimmen, daß der praktische Netzversuch sich auf wenige Fälle zur Typenerprobung als Bestätigung beschränken könnte. Man könnte dann offenbar viele kostspielige und nicht ganz ungefährliche Versuchsserien sparen, die heute noch viele EVU im In- und Ausland für geboten halten, wenn diese Störungen sich in irgend einem Netz erstmalig zeigen, ohne daß sie Kenntnis von den sich immer wieder bestätigenden Erfahrungen an anderer Stelle haben.

Herr R. Elsner, Nürnberg: Die Ausbildung der Rückzündungsschwingungen beim Leerschalten von Freileitungen hängt bekanntlich in starkem Maße von der Größe der im Schalter eingebauten Dämpfungswiderstände im Verhältnis zu den beteiligten Induktivitäten und Kapazitäten des Netzes ab. Es würde daher interessieren, für welche Verhältnisse die im letzten Lichtbild des Herrn Vortragenden gezeichneten Oszillogramme berechnet sind und wie groß der Dämpfungswiderstand angenommen wurde.

Herr L. Schmitz, Ratingen: Die Kurve der Festigkeit der Schaltstrecke ist nicht konstant, sie ist vom Energieinhalt der letzten Lichtbogenhalbwelle abhängig, ferner von der Art des Schalters, ob die Löschmittelströmung vom Strom abhängig ist oder nicht.

Herr H. Langrehr, Berlin: Der Herr Vortragende hat uns in einleuchtender Weise klargelegt, daß beim Abschalten von leerlaufenden Freileitungen durch sich fortsetzende Steigerung erhebliche Überspannungen vom drei- bis fünffachen Betrag auftreten können, wenn der Stromfluß durch Rückzündung im ungünstigsten Zeitpunkt, nämlich bei „Phasen-Opposition“ wieder einsetzt. Die Wahl dieses besonders extremen Falles hat den Vorteil, besonders deutlich klarzumachen, worauf es ankommt, wenn man den äußerst möglichen Betriebsfall erkennen will. Es sei mir erlaubt, darauf hinzuweisen, daß es nicht immer zu diesem äußersten Betriebsfall zu kommen braucht, sondern daß andere Möglichkeiten bestehen, die einen harmlosen Ablauf des Schaltvorganges gewährleisten.

Herr Parschalk hat einen dieser Fälle bereits erwähnt, nämlich, daß der Wettlauf zwischen Verfestigung der Schaltstrecke und Rückkehr der Spannung an den Schaltstiften zugunsten der ersten ausgeht. In diesem Falle ist der Löschvorgang von vornherein eindeutig vollzogen. Es ist dieses eine Frage des Löschgasdurchsatzes und des Löschdruckes in der Schaltstrecke. Der Herr Vortragende hat weiter dargelegt, daß die Verfestigung der Schaltstrecke und der Löschstiftabstand ähnlich einer Sättigungskurve eindeutig miteinander verknüpft sind, wenn die elektrischen Verhältnisse in der Schaltstrecke genau bekannt sind.

Da der im Vortrag erläuterte Fall ein Sonderfall ist und daher bei weitem nicht immer einzutreten braucht, wird im allgemeinen damit zu rechnen sein, daß die Strecke zwischen den Kontaktstiften nicht erst im letzten

¹⁾ Kesselring, VDE-Fachberichte 1931, S. 51.

Augenblick, sondern schon früher durchschlägt, als dem extremsten Fall entspricht — wie durch Bild 8 veranschaulicht wird. Die Spannung der auf der abgeschalteten Leitung zunächst liegenden gebliebenen Ladung wird also in Form einer treppenförmigen Kurve abgebaut; die Stufung dieser Treppe kann bei geeigneter Wahl der Bedingungen in der Löschstrecke beliebig verfeinert werden, so daß eine der Stufen im Spannungs-Nulldurchgang oder wenigstens in großer Nähe desselben mündet und somit die vielen, aber kleinen und daher unschädlichen Rückzündungen sehr schnell zum endgültigen Erlöschen des Schaltlichtbogens führen. Auch in diesem Falle verläuft der Schaltvorgang harmlos, ohne daß es zu den erwähnten extremen Schaltüberspannungen zu kommen braucht. Schalter mit fremdgesteuerten Löscheinrichtungen sind in dieser Hinsicht gegenüber den Schaltern mit selbsterregten Löscheinrichtungen im Vorteil.

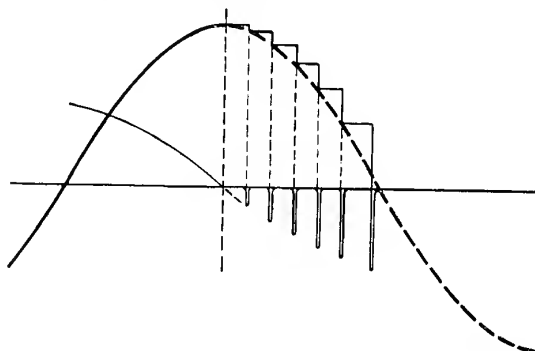


Bild 8 Schematisches Oszillogramm für das Abschalten einer leerlaufenden Leitung

Herr Z ad u k, Berlin: Die Synthese von Schaltvorgängen ist sicher ein wertvolles Hilfsmittel, um die Kenntnisse über die Beanspruchung von Schaltern zu vertiefen und Richtlinien für die Entwicklung betriebssicherer Schalter zu geben. Sie kann aber die praktische Erprobung der Schalter durch den Netzversuch nicht ersetzen, da der Ablauf der Schaltvorgänge neben der Schalterbauart von den Netzeigenschaften beeinflusst wird, die in weiten Grenzen veränderlich sind. Außerdem ist jeder Schaltvorgang wegen seiner Abhängigkeit vom Schalt Augenblick auch ein statistisches Problem. Alle Variationsmöglichkeiten durchzurechnen ist praktisch nicht durchführbar, so daß der Netzversuch unerlässlich bleibt.

Herr P. D u f f i n g, Berlin: Der Hinweis scheint notwendig, daß die Untersuchungen des Referenten das Ziel haben, ungeklärte und nicht verständliche Schaltvorgänge aufzuheben. Das ist Aufgabe jeder wissenschaftlichen Ingenieurarbeit. Es kann nicht das Ziel sein, bei der Entwicklung von Schaltgeräten auf die Erfahrung eines Versuches in einem Hochleistungsprüfstand oder im Netz zu verzichten, denn es ist allen Ingenieuren bekannt, daß die Befragung mittels Versuches vor jeder Spekulation steht.

Herr K. A u t e n r i e t h, Frankfurt a. M.: Die Analyse und Synthese der Vorgänge beim Abschalten leerlaufender Hochspannungsleitungen macht bei Drehstromsystemen vielfach Schwierigkeiten, da sich die Vorgänge der 3 Leiter gegenseitig überlagern und beeinflussen. Dadurch dürfte es nicht immer möglich sein, für Schaltungen, die sich über eine längere Zeit (mehrere Halbwellen) erstrecken, die einzelnen Vorgänge für die gesamte Dauer der Schaltung im einzelnen zu verfolgen. Für die Aufklärung der Vorgänge, die zu besonders hohen Beanspruchungen der Isolation und der Schalter führen, genügt es jedoch, für einen engeren Ausschnitt eines durch Messung aufgezeichneten Schaltvorganges die einzelnen Komponenten hinsichtlich ihres Ursprungs zu ermitteln oder aus den Daten der Leitungsanordnung die evtl. möglichen Beanspruchungen zu konstruieren.

Damit kann ein Verfahren, wie es in dem vorliegenden Bericht im einzelnen näher ausgeführt ist, eine sehr wertvolle Hilfe bei der Entwicklung von Schaltgeräten sein.

Vortragender (schriftlich erweitert und zusammengefaßt): Die zahlreichen und exakten Ausführungen der Herren Diskussionsredner sind ein Zeichen für die Aktualität des behandelten Problems, obwohl die Klärung der Vorgänge beim Abschalten leerlaufender Leitungen schon, wie Herr Professor S c h w e n k h a g e n bestätigt, vor rd. 25 Jahren begonnen wurde. Ich hoffe, daß wir auf diesem langen Weg einen Schritt weiter gekommen sind.

Es erscheint notwendig, hinsichtlich der wiedergegebenen Festigkeitskurve eines Leistungsschalters noch einmal darauf hinzuweisen, daß eine Trennung in den Anstieg der thermischen Verfestigung und in den Anstieg der dielektrischen Verfestigung vorgenommen wurde. Die Bemerkung des Herrn Dr. S c h m i t z, daß die Kurve der Festigkeit der Schaltstrecke nicht konstant sei, kann sich nur auf den thermischen Festigkeitsanstieg beziehen, da definitionsgemäß die dielektrische Verfestigung kaltes Löschmittel voraussetzt. Die physikalischen Eigenschaften eines Schalters entscheiden, ob der Rückzündstrom nach einer HW erlischt oder ob eine Durchzündung stattfindet, nicht aber, ob überhaupt Rückzündungen auftreten oder nicht.

Die letztere Frage ist der Inhalt des Beitrages des Herrn P a r s c h a l k. Bei Druckluftschaltern mit Vielfachunterbrechung ist es möglich, den Anstieg der dielektrischen Festigkeit so steil zu gestalten, daß Rückzündungen vermieden werden, jedoch sind beim Abschalten leerlaufender Transformatoren mit Schaltern schnellen Festigkeitsanstieges hohe Überspannungen zu erwarten. Die Eignung eines solchen Schalters hierfür müßte durch Versuche nachgewiesen werden. Ein Leistungsschalter soll auch bei den höchsten Spannungen noch universell sein, d. h. er muß alle Schaltfälle gleichmäßig beherrschen. Im übrigen sind die erwähnten Schaltversuche im französischen Netz ausschließlich mit starr geerdetem Sternpunkt durchgeführt worden.

Der von Herrn L a n g r e h r geschilderte Verlauf der Abschaltung einer leerlaufenden Leitung ist nur bei geringer dielektrischer Festigkeit der Schaltstrecke denkbar, wenn nämlich die Rückzündspannungen so klein sind, daß die bei einer Rückzündung in freie Schwingung versetzte Energie von der Stromkreisdämpfung abgeschluckt wird. Dann nur ist ein Überspringen und damit ein Spannungsaufbau unmöglich. Einmal muß aber die dielektrische Festigkeit so groß werden, daß die Schaltstrecke dem doppelten Scheitelwert der Leitererdspannung widerstehen kann. Auf diesem Weg treten die Rückzündungen auf, die das Abschalten leerlaufender Leitungen zum Problem machen.

Die Einschaltung eines Dämpfungswiderstandes unterdrückt die geschilderten Auswirkungen der Rückzündung. Es ist nicht einzusehen, warum man von diesem uns von der Natur vorgeführten Mittel keinen Gebrauch machen soll. Wesentlich für die Wirksamkeit ist die Bemessung des Widerstandswertes, der bei dem 220 kV-Expansionschalter über dem aperiodischen Grenzwert liegt. Wir geben, um die Frage des Herrn Dr. E l s n e r zu beantworten, üblicherweise die Kennziffer $\gamma = R \cdot \omega C$ an. Bei dem in Bild 7 gezeigten synthetischen Aufbau eines Abschaltvorganges betrug das Verhältnis $\gamma = 1,42$, während der aperiodische Grenzwert bei $\gamma_1 = 0,59$ liegt.

Eine Frage des Herrn Professor S c h w e n k h a g e n befaßte sich mit der Ermittlung der dielektrischen Festigkeitskurve, wie sie bei der Synthese in Bild 7 verwendet wurde. Die Linie ist eine dynamische Kurve, welche durch die Auswertung von vielen Oszillogrammen gewonnen wurde. Die Ermittlung der Rückzündpunkte ergibt natürlich ein Streuband. Die Untersuchun-

gen haben gezeigt, daß die statistische Streuung im Ablauf des Schaltvorganges in größerem Maß in der Streuung des Verhaltens des Schalters, dargestellt durch seine Festigkeitslinie, liegt, als in der Zufälligkeit des Schaltmomentes, auf welche Herr Zaduk hingewiesen hat. Natürlich ist es zeitlich nicht möglich, alle Variationen, welche beim Abschalten einer leerlaufenden Leitung möglich sind, rechnerisch und zeichnerisch zu verfolgen. Insofern kann man sich der Meinung des Herrn Autenrieth voll anschließen, wonach es oftmals genügen wird, einzelne Abschnitte eines Schaltvorganges herauszuschälen. Es ist aber grundsätzlich immer möglich, die Abschaltung eines Drehstromsystems synthetisch

aufzubauen. Die Schwierigkeiten sind nur durch den Zeitaufwand bedingt.

Das wichtigste Ergebnis der Synthese von Schaltvorgängen ist, durch den Vergleich mit einem Oszillogramm festzustellen, daß seine Auswertung richtig ist. Dann nämlich lassen sich die Fragen beantworten, welche dem Netzversuch gestellt worden sind. Die Bedeutung des Netzversuches ist um so größer, je besser die Ergebnisse ausgewertet werden können. Die Ausweitung der Synthese auf nicht darstellbare Netzversuche bietet aber ein willkommenes Hilfsmittel für die Abschätzung des Verhaltens eines Schalters unter den der Synthese zugrundegelegten Bedingungen.

Gruppe C I — Kabel

Einführung

Von W. Vogel

Bei elektrischen Kabeln, insbesondere solchen für Energieübertragung, ist die Frage der Sicherheit der gesamten Kabelanlage einschließlich der Garnituren von äußerster Wichtigkeit. Die Betriebsbeanspruchung ist fast in hundert Prozent der Fälle Wechselspannungsbeanspruchung von 50 Hz. Da nun die Wechselspannungs-Durchschlagsfestigkeit bei normalen Massekabeln sehr zeitabhängig ist — sie sinkt in 24 Stunden auf etwa den dritten Teil der ursprünglichen Durchschlagsfestigkeit —, so ist eine normale Wechselspannungsprüfung entweder zeitraubend oder unzureichend. Geht man mit einer langdauernden Probe wesentlich über die maximal mögliche Betriebsspannung U hinaus, so kann man sogar die Isolation von Grund auf schädigen. Verlegte Kabelstrecken mit Wechselspannung über die Betriebsspannung U hinaus zu spannen, ist wegen der erforderlichen Blindleistung praktisch unmöglich. Versuche mit betriebsmäßigen Spannungen sollten daher an fertigen Kabelstrecken nur in Kombination mit einer Verlustwinkelmessung stattfinden. Aber auch diesen — vor allem ihrem Spannungsabhängigkeitsverlauf — allzuviel Wert in gutem oder schlechtem Sinne beizumessen, ist falsch, wie das beispielsweise Kaiser (BEWAG) im Jahre 1943 gezeigt hat. Aus seinen Messungen geht hervor, daß manche Kabel unter Umständen in den ersten Lebensjahren einen bedrohlichen, spannungsabhängigen Verlustwinkelverlauf zeigen, der sich aber später wieder beruhigt.

Herr Gasser schlägt vor, die viel billiger und mit einfachen Mitteln auszuführende Gleichspannungsprüfung des fertig verlegten Kabels einschließlich Garnituren durch hohe Gleichspannung vorzunehmen. Da der Gleichspannungsdurchschlag praktisch zeitunabhängig ist und außerdem in der Größenordnung des Stoßdurchschlages liegt, kann man mit der Gleichspannung bis nahe an die Durchschlagsgrenze der Kabelendverschlüsse gehen und hat beim Entladestoß auch noch eine Stoßprüfung. Als weitere Prüfung schlägt Herr

Gasser Verlustwinkelmessungen an verlegten Kabelstrecken mit Hilfe der verfügbaren Betriebsspannungsanlage vor, wozu er eine kompensierte, isoliert aufgestellte und mit Isoliergriffen versehene Scheringbrücke beschreibt.

Herr Claunitzer berichtet über die Konstruktion von Starkstromkabeln für Nieder- und Hochspannung mit Aluminiummänteln. Die Frage des Ersatzes des Bleimantels als Schutz der Isolation elektrischer Kabel ist nicht erst in neuerer Zeit etwa infolge des Steigens der Bleipreise entstanden; verschiedene technische Mängel des Bleimantels gaben Anlaß, die Bleiersatzfrage zu studieren. Schon seit etwa 1930 ist verschiedentlich versucht worden, für Kabelmäntel andere Werkstoffe metallischer oder nichtmetallischer Art zu verwenden. Die nichtmetallischen Werkstoffe haben sich bisher nicht durchgesetzt, weil sie nicht hundertprozentig wasserundurchlässig sind. Auch das Einschieben von dünnen Metallfolien bringt keinen vollen Erfolg. Daher sind die im Kriege entstandenen Konstruktionen dieser Art schon wieder ad acta gelegt worden. Seit 20 Jahren sind an verschiedenen Stellen in Deutschland und England Versuche gemacht worden, Aluminiummäntel für Kabel anzufertigen.

Einen anderen Weg beschreibt Herr Andresen über einen neuen bleilosen Kabelmantel, der auf folgende Weise zustande kommt: als Ausgangsmaterial nimmt man bandförmiges Tiefzieh-Eisenblech oder auch andere Blechbänder von nichtrostendem Eisen oder Nichteisenmetallen. Mit einer sinnreichen Einrichtung wird das Band um das Kabel gelegt und elektrisch verschweißt. Dann erfolgt eine Stauchung des Bandes, so daß ein wellenförmiger Mantel entsteht. Von besonderer Wichtigkeit ist hier der Rostschutz, der mit einer neuartigen Anstrichmasse nach Angaben von Andresen hundertprozentig sichergestellt sein soll. Die beiden Kabelmantelarten haben natürlich Vor- und Nachteile. Die Bewährung mit der Zeit steht noch aus.

Prüfung von Hochspannungskabeln unter besonderer Berücksichtigung der Betriebs-Beanspruchungen

Von O. Gasser

1. Die Spannungsprüfung

Bei der Prüfung von Hochspannungskabeln nach den neuen Vorschriften des VDE kann sowohl Wechselspannung als auch Gleichspannung für die Stückprüfung der einzelnen Kabellängen angewandt werden. Die folgenden Überlegungen sollen nun zeigen, welche Prüfmethode vom technischen Gesichtspunkt und vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt aus zu empfehlen ist. Dabei ist die Kenntnis der physikalischen Eigenschaften des Kabeldielektrikums von ausschlaggebender Bedeutung.

a) Zeitspannungsfestigkeit.

Seit mehreren Jahrzehnten hat es sich als notwendig erwiesen, Kabel anders zu prüfen als die meisten Hochspannungsgeräte, Maschinen und Transformatoren. Der

Einfluß der Zeit, während der die Hochspannungsbeanspruchung auf das Dielektrikum einwirkt, tritt wohl bei keinem anderen Hochspannungsgerät so deutlich in Erscheinung wie bei den Hochspannungskabeln. Dies wird auch in den Prüfbestimmungen VDE 0255/2.51 § 10 dadurch zum Ausdruck gebracht, daß die Prüfzeiten an Kabeln wesentlich länger sind, d. h. 20 Minuten bis 60 Minuten betragen, im Gegensatz zu den meist nur 1 bis höchstens 5 Minuten währenden Prüfungen an Transformatoren, Maschinen, Schaltern und Isolatoren. Es soll hier nicht auf die verschiedenen bekannten Theorien des elektrischen Durchschlages und des Wärmedurchschlages näher eingegangen werden, sondern nur an Hand des Bildes 1 die Durchschlagfestigkeit der Kabel kurz besprochen werden. Der Abszissenmaßstab dieses Bildes wurde

so gewählt, daß die ermittelten Festigkeitswerte ungefähr zu einer Geraden verbunden und auf die Zeit „unendlich“ extrapoliert werden können.

Kabel mit Gummiisolierung weisen bei 50 Hz, wenn die so gefährliche Ozonbildung vermieden wird, fast gar keinen Abfall der Spannungsfestigkeit mit zunehmender Beanspruchungsdauer auf (Linie G 50).

Das normale Dielektrikum der meist gebräuchlichen massegetränkten Papierbleikabel (solid type cable) zeigt bei Beanspruchung mit Wechselspannung hingegen einen erheblichen Rückgang der Spannungsfestigkeit bei zunehmender Prüfdauer (Linie M 50); man kann sagen, daß die Grenzdauerfestigkeit bei 50 Hz kaum ein Drittel der Minutenfestigkeit beträgt.

Bei den thermisch stabilen Ölkabeln und Gasdruckkabeln (oilfilled, oilstatic, gaspressure cables) ist dieser Rückgang wesentlich geringer; bei Ölkabeln z. B. fällt die Spannungsfestigkeit bei Dauerbeanspruchung nur um rd. ein Viertel des Minutenwertes ab (Linie O 50).

Während sich also die verschiedenen Dielektrika bei Wechselspannungsbeanspruchung sehr verschieden verhalten, wird die Gleichspannungsfestigkeit stets nur wenig durch die Einwirkungsdauer beeinflusst (Linien G, M, O). Seit Jahrzehnten wurden in zahlreichen Veröffentlichungen Verhältniszahlen für Gleichspannungsfestigkeit zu Wechselspannungsfestigkeit (Effektivwert 50 Hz) von 2,5 bis 3 angegeben. Man sieht aus dem Bild, daß diese Zahl bei den meist verbreiteten Massekabeln z. B. für die Minutenfestigkeit gilt, wegen des starken Abfalls der Wechselspannungsfestigkeit mit zunehmender Beanspruchungsdauer aber auf Werte bis über 8 ansteigen kann. Dies erklärt die seit Beginn der Arbeiten für die Gleichspannungs-Energieübertragung oft diskutierten Widersprüche. Es soll hier nicht die absolute Höhe der Meßwerte erörtert werden, die ebenso wie die Neigung der Linien auch von der Güte der verwendeten Isolierstoffe und der Temperatur abhängt, sondern nur auf die stets geringe Zeitabhängigkeit der Gleichspannungsfestigkeit hingewiesen werden. Die gezeichneten Linien stellen Mittelwerte aus zahlreichen Versuchen dar.

b) Fehlerursachen.

Störungen in Hochspannungskabeln für Drehstromübertragung werden nur selten durch die Betriebsspannung hervorgerufen, wohl aber öfter durch Überspannungsbeanspruchungen stoßartigen Charakters. Die Höhe dieser Überspannungen sowie die Steilheit ihrer Stirn und ihre Häufigkeit hängen von vielen Umständen ab, wie z. B. der Ausdehnung des Netzes, dem Anschluß von Freileitungen, atmosphärischen Entladungen und dgl. mehr. Nur in Ausnahmefällen, wenn Montagefehler in Muffen oder Endverschlüssen vorliegen oder wenn, z. B. bei Massekabeln, durch Verlagerungen des Tränkmittels oder durch Stromüberlastung und damit verbundene übermäßige Erwärmung eine starke Alterung oder Glimmvorgänge ausgelöst werden, kommt es zu Durchschlägen bei Betriebsbeanspruchung.

c) Wahl der Prüfspannung.

Da im Betrieb nicht starr geerdeter Netze die Übertragungsspannung praktisch nur zwischen der Phasenspannung und der verketteten Spannung schwanken kann und auch dank der besonderen Schutzeinrichtungen ein länger dauernder Betrieb von Kabelanlagen im einphasigen Erdschluß selten vorkommt, ist es an sich unwesentlich, ob ein Kabel eine beträchtlich höhere Spannung von 50 Hz als die höchstmögliche Betriebsspannung aushält. Man soll aber elektrotechnische Geräte möglichst mit der Spannungsart prüfen, die ihnen im Betrieb tatsächlich gefährlich werden kann. Das heißt, an Höchstspannungskabeln müßte uns die Stoßspannungsfestigkeit mehr interessieren als die Wechselspannungsfestigkeit bei 50 Hz. Nun ist es nicht ohne weiteres möglich, Spannungsstöße genau definierter Höhe und Form, wie z. B. die genormte Welle 1/50 über ein längeres Kabel zu füh-

ren. Man begnügt sich daher mit der Prüfung kurzer Kabelstücke mit Hilfe leistungsfähiger Stoßgeneratoren. Von diesen Typenprüfungen und von den Untersuchungen der verschiedenen Dielektrika wissen wir aber, daß die Stoßspannungsfestigkeit der bei Kabeln verwendeten Isolierstoffe in ihrer Höhe sehr ähnlich der Gleichspannungsfestigkeit dieser Stoffe ist. Durch die Gleichspannungsprüfung hat man also ein einfaches Mittel in der Hand, beliebig große und kapazitätsreiche Kabelanlagen, die man niemals gleichmäßig mit Stoßspannung beanspruchen könnte, dennoch streng zu prüfen.

Die besonderen Vorteile der Gleichspannungsprüfung sind allgemein bekannt; durch Strommessung kann man den Isolationswiderstand bei Hochspannung feststellen und dabei Feuchtigkeit, die sich durch eine Wechselspannungsprüfung meist nicht erkennen läßt, schon frühzeitig, d. h. bei kleinen Spannungsbeanspruchungen, finden. Dies ist von besonderem Wert bei der Untersuchung von fertiggestellten Kabelanlagen, da in Garnituren, Muffenwickeln oder Endverschlüssen während der Montage, besonders bei schlechter Witterung, viel leichter Feuchtigkeit auftreten kann als bei der Herstellung der Kabel in der Fabrik.

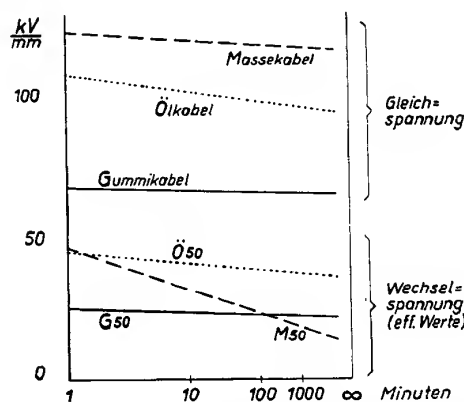


Bild 1 Zeitspannungsfestigkeit von Hochspannungskabeln

Bei Gasdruckkabeln und besonders bei Druckkabeln ist es meist nicht möglich, schon in der Fabrik eine den tatsächlichen Betriebsverhältnissen entsprechende Wechselspannungsprüfung durchzuführen, da die volle Spannungsfestigkeit solcher Kabel erst beim Vorhandensein des betriebsmäßigen Gasdruckes erreicht wird. Man muß also solche Kabel, wenn man sie in der Fabrik prüfen will, mit entsprechend niedrigeren Wechselspannungen prüfen oder sie unter Druck setzen. Dasselbe gilt für die in den USA weit verbreiteten oilstatic Kabel, die erst nach dem Einziehen in die geschweißte Stahlrohranlage unter Druck gesetzt werden können. In all diesen Fällen ist die Gleichspannungsprüfung, bei der keine Glimmschädigung auftreten kann, auch wenn die Hohlräume in der Isolierung nicht unter ausreichendem Druck stehen, ein vorteilhaftes Verfahren.

Durch plötzliche Entladung eines auf hohe Gleichspannung aufgeladenen Kabels über eine mehr oder minder gedämpfte Funkenstrecke, oder auch durch Entladung eines Kabels in ein anderes bzw. einer aufgeladenen Ader in eine andere Kabelader, kann man außerdem in gewissem Umfang die bei Stoßbeanspruchung im Dielektrikum auftretenden Effekte ohne einen besonderen Stoßgenerator erzielen.

Der größte Teil aller Fehler in Hochspannungskabelanlagen tritt an Muffen und Endverschlüssen auf. An einer fertig montierten Kabelanlage ist eine Prüfung mit Wechselstrom oder Drehstrom von höherer Spannung als der in VDE 0255 § 11a) angegebenen (1,15 U während 3×15 Minuten) fast nie möglich. Garnituren können also mit Wechselspannung nie nennenswert höher beansprucht

werden, als dies im Betrieb selbst vorkommen kann. Wohl aber ermöglicht die Prüfung nach § 11b) mit Gleichspannung eine sehr strenge Beanspruchung der Garnituren, was schon oft zu einem rechtzeitigen Erkennen und Beheben von Fehlern geführt hat.

Einen besonderen Vorteil bietet die Gleichspannungsprüfung gegenüber der Wechselspannungsprüfung dadurch, daß mit leistungsschwachen, billigen und leichten Prüfanlagen auch die größten und kapazitätsreichsten Kabelanlagen aufgeladen werden können. Wenn man die für Kabel bis 60 kV in den VDE-Vorschriften genormten Wechselstrom-Prüfspannungen sinngemäß für Kabel von 110 und 220 kV Prüfspannung extrapolieren wollte, ergäbe sich für ein 1 km langes 110 kV-Kabel bzw. 220 kV-Kabel bei der Prüfung mit 50 Hz ein Blindleistungsaufwand von rd. 2000 bzw. sogar 7000 kVA je Phase; die Aufladung auf die nach VDE dreimal höhere Gleichspan-

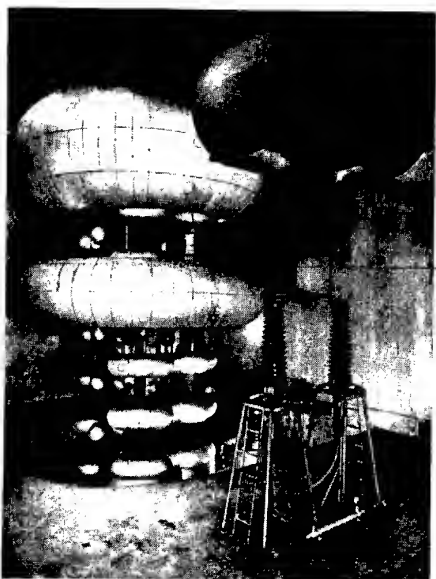


Bild 2 Kabelstück mit Muffe und Endverschlüssen in der Gleichspannungsprüfung

nung kann aber schon mit einer Gleichspannungsanlage von nur wenigen kVA Leistung in verhältnismäßig kurzer Zeit (wenigen Minuten) bewerkstelligt werden.

Der Zweck dieser Ausführungen ist es, auf solche an sich bekannte, aber meist zu wenig beachtete Eigenheiten der verschiedenen Prüfmethoden hinzuweisen, in dem Bestreben, nicht nur die Kabelhersteller, sondern in erster Linie die Kabelverbraucher davon zu überzeugen, daß nicht nur wirtschaftliche, sondern auch technische Vorteile mit der Förderung der Gleichspannungsprüfung verbunden sind. In Schweden trägt man diesem Umstand in den neuen Prüfvorschriften, wie später gezeigt wird, bereits Rechnung.

d) Prüfanlagen für Gleichspannung.

Die Erzeugung hochgespannten Gleichstroms geringer Stromstärke ist beim heutigen Stand der Technik auf vielerlei Art möglich [1]. In Bild 2 ist eine Prüfanlage dargestellt, die von den Siemens-Schuckertwerken u. a. zur Entwicklung und Prüfung der Kabel und Garnituren für die 400 kV-Übertragung Elbe—Berlin während des letzten Krieges verwendet wurde. Mit verhältnismäßig einfachen Mitteln (Glühkathodenventilen für 400 kV Sperrspannung) konnten in dieser Anlage 1800 kV, kurzzeitig sogar 2000 kV Gleichspannung sowohl negativer als auch positiver Polarität gegen Erde erzeugt werden. Die Schaltung ist die bekannte Spannungsverviel-

fachungs-Schaltung, die von Greinacher und Liebenow angegeben wurde. Die von einem 150 Hz-Transformator erzeugte Wechselspannung mit einem Effektivwert von 0 ... 120 kV wird in einer Latour-Grundstufe über zwei Ventilrohre in $2 \times 120 \times \sqrt{2} = 339$ kV Gleichspannung umgewandelt und in fünf weiteren Stufen, also insgesamt sechs Stufen, auf 2 MV gesteigert. Die Frequenz von 150 Hz wurde gewählt, um die Welligkeit auch bei Belastung möglichst klein zu halten. Ein Synchron-Maschinensatz mit Drehstrommotor und Einphasengenerator, der von einem besonderen Erregersatz gesteuert wird, dient als Stromquelle. Die 12 Glühkathodenventile sind für je 400 kV Sperrspannung ausgelegt und werden von selbsterregten, kleinen Gleichstrom-Nebenschlußmotoren geheizt; sieben Maschinen sind auf der Gleichspannungsseite und sechs auf der Hilfsseite übereinander angeordnet, durch Isolierwellen miteinander verbunden und von zwei Synchronmotoren angetrieben. Die Heizleistung der Glühkathoden beträgt je rd. 100 W. Der Energieinhalt der in sechs Stufen angeordneten Kondensatoren ist bei 1800 kV rd. 150 kWs. Die Abschirmung gegen Sprühverluste wurde bei dieser Anlage sehr weit getrieben, da mit dem Generator auch wochenlange Zeitspannungsversuche ausgeführt werden mußten und sowohl wegen der Verschmutzungsgefahr als auch wegen der bei Dauerbetrieb auftretenden Weit-Überschläge die Feldsäulen klein gehalten werden mußten.

Im Vordergrund des Bildes ist ein Kabelprüfstück mit einer Muffe und zwei Endverschlüssen des Typs zu sehen, der für die Anlage Elbe—Berlin geliefert worden war.

Für die Prüfung fertiggestellter Kabelanlagen in den Kraftwerken und Umspannwerken verwendet man natürlich kleinere, meist ein- bis dreistufige Hochspannungsgeneratoren, die zerlegbar und transportabel sein müssen und am jeweiligen Verwendungsort zusammengestellt werden. Wenn z. B. ein 110 kV-Spannungswandler mit einer Grenzleistung von mehr als 2 kVA zur Verfügung steht, kann man diesen als Stromquelle benutzen, indem man ihm Niederspannung aus dem Kraft- oder Lichtnetz über einen kleinen Regeltransformator zuführt; man benötigt dann nur noch zwei Ventilrohre und einen isoliert aufgestellten Kondensator, um Gleichspannungen bis rd. 300 kV erzeugen zu können. Für die Heizung der Glühkathodenventile, die in dieser einstufigen Spannungs-Verdoppelungs-Schaltung eine Sperrspannung von etwas größerer Höhe als die beabsichtigte Prüfspannung haben müssen, kann ein Niederspannungs-Transformator oder ein Akkumulator an der erdseitigen Kathode und ein isoliert aufgestellter Akkumulator für die auf Hochspannungspotential liegende Kathode verwendet werden, falls nicht besondere hochspannungsisolierte Heizwandler oder Maschinensätze zur Verfügung stehen, oder es können Selengleichrichter an Stelle der Glühventile verwendet werden.

Dieses Beispiel soll zeigen, in welcher einfachen Weise man in behelfsmäßiger Schaltung hochgespannten Gleichstrom erzeugen kann, wenn man keine der handelsüblichen, oft in Wagen oder Autoanhängern eingebauten Prüfeinrichtungen besitzt.

2. Das Messen der dielektrischen Verluste

Bei Höchstspannungs-Kabelanlagen ist meist die Kenntnis der dielektrischen Verluste erwünscht. Die umfangreichen wissenschaftlichen Untersuchungen an Isolierstoffen aller Art haben aber wohl zu einer gewissen Überschätzung der Bedeutung des $\tan \delta$ für Starkstromkabel geführt. Moderne Höchstspannungskabel (Olkabel, Gasdruckkabel, Druckkabel, oilostatic Kabel und dgl.) sind bereits auf einen solchen Stand der Vollkommenheit gebracht worden, daß es meist genügt, die dielektrischen Verluste bis zur Betriebsspannung (U_0) und evtl. bis zu

der bei einphasigem Erdschluß möglichen verketteten Spannung (U) zu ermitteln; eine höhere Spannungsbeanspruchung mit 50 Hz kann im Betrieb ja nie auftreten. Man sollte sich daher in Zukunft (außer bei den in den Laboratorien üblichen Typenprüfungen kurzer Kabelstücke und Garnituren) mit einer Messung der dielektrischen Verluste bis zur Höhe der Betriebsspannung bzw. Nennspannung begnügen. Solche Messungen können an den fertigmontierten Kabelanlagen ausgeführt werden und geben bei periodischen Wiederholungen in größeren Zeitabständen ein gutes Bild für die mittlere dielektrische Güte der Anlagen.

Die dielektrischen Verluste größerer Kabelanlagen können wegen der hohen Ladeleistung bei Betriebsspannung oder als Funktion der Spannung (z. B. von $0,5 U_0$ bis $1,73 U_0$) am besten in betriebsmäßiger Schaltung mit Hilfe eines Generators und Transformators der Kraftanlage gemessen werden. Dazu wird zweckmäßig eine $\text{tg } \delta$ -Brücke in der von Schering angegebenen Schaltung mit einem verlustfreien Hochspannungs-Vergleichskondensator verwendet, wie sie Bild 3 zeigt. In dem metallisierten Gehäuse befindet sich der sonst den Niederspannungs-Meßkreis bildende Teil einer normalen Schering-Brücke, R_3, R_4, C_4 , mit allen Schaltern und Reglern, die über Isolierstangen bedient werden. Auf demselben Potential steht das Vibrations-Galvanometer, von dem der Lichtschacht, ein Repetitrohr, zur Frontplatte mit den Bedienungsknöpfen führt. Der Ladestrom des zu messenden Kabels wird mit einer gut geschirmten Meßleitung über den Brückenkasten zum Kabel geführt. Die Verwendung einer Schering-Brücke auf Hochspannungspotential ist nicht neu [2], auch nicht die Bedienung über Isolierstangen und das Umdrehen (Auf-den-Kopf-Stellen) des Preßgaskondensators. Interessant ist aber, daß die gezeigte Einrichtung für Messungen bis 120 kV verwendet werden kann und mit einem Preßgaskondensator des nächst größeren Typs auch bis 220 kV ausreichend isoliert ist. Der Platzbedarf wird hauptsächlich durch die Sicherheitsabstände des Hochspannungsgehäuses und Preßgaskondensators gegen Erde bedingt und ist so klein, daß die Aufstellung in Schaltgängen oder in den die Kabelendverschlüsse enthaltenden Zellen und bei Freiluftanlagen in unmittelbarer Nähe der Kabelendverschlüsse möglich ist. Lange Zuleitungen lassen sich daher immer vermeiden. Bei großen Kabelanlagen, die erhebliche Ladeströme führen, werden die induktions- und kapazitätsfreien Nebenwiderstände der Meßbrücke unmittelbar am Kopf des Kabelendverschlusses angebracht, und nur schwache Meßleitungen führen von diesem zur Brücke. Die Apparatur kann in meßbereiter Aufstellung bequem von 2 Männern überall hingetragen werden, so daß mit geringstem Zeitaufwand ganze Reihen von Kabeln nacheinander untersucht werden können.

Von der Messung der dielektrischen Verluste an verlegten und bereits längere Zeit in Betrieb befindlichen Kabelanlagen wird verhältnismäßig wenig Gebrauch gemacht; dies hat seinen Grund wohl nicht so sehr darin, daß die Bedienung einer Schering-Brücke eine gewisse Übung und Erfahrung erfordert, zumal wenn durch starke, elektromagnetische Felder Streuspannungen induziert werden, sondern darin, daß so bequem zusammengebaute Meßeinrichtungen nicht im Handel erhältlich sind. Die vielen für eine $\text{tg } \delta$ -Messung erforderlichen Einzelteile behelfsmäßig gegen Hochspannung isoliert aufzustellen, ist außerdem recht schwierig und nur durch die gezeigte gedrängte Bauweise können Störeinflüsse klein gehalten werden.

Der Vorteil einer $\text{tg } \delta$ -Messung an der fertiggestellten Kabelanlage tritt besonders bei den Kabeln in Erscheinung, deren Dielektrikum im Betrieb unter hohem Druck steht, wie z. B. Gasdruckkabel und in Druckrohren verlegte Kabel, die in der Fabrik nur mit besonderen Maßnahmen oder überhaupt nicht bei dem richtigen Betriebsdruck geprüft werden können.

3. Die Belastungsprüfung

Die Prüfung fertiggestellter Kabelanlagen mit Belastung fand bisher in der Kabeltechnik nur wenig Verbreitung. Dies hat seinen Grund darin, daß für die genormten Massekabel im Laufe der Jahrzehnte durch zahlreiche Versuche die zulässige Belastung mit ausreichender Sicherheit ermittelt werden konnte und auch in der Vorschrift VDE 0255 in Form von Richtlinien festgelegt ist. Bei modernen Großanlagen und besonders bei Hochleistungskabeln hat es sich aber oft schon als sehr zweckmäßig erwiesen, so wie es bei jedem Großtransformator und -generator üblich ist, durch eine sogenannte Kurzschlußmessung die Stromwärmeverluste und Zusatzverluste zu ermitteln. Man kann durch Kurzschließen der Leiter an einem Ende und Speisung mit kleiner Spannung vom anderen Ende eine Belastungsprüfung ausführen, die nicht nur für die Nachprüfung der Kabelerwärmung und des Verhaltens der Muffen bei Vollast und evtl.

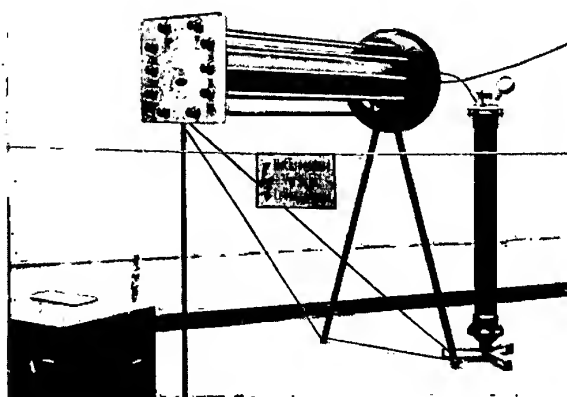


Bild 3 Hochspannungsbrücke für $\text{tg } \delta$ -Messung an Kabelanlagen

Überlast wertvoll ist, sondern man kann auch die Kurzschlußspannungen, Wirkwiderstände und Induktivität durch Messungen ermitteln, was für die Kenntnis der Übertragungsverluste notwendig ist. Auch bei anormalen Verhältnissen, z. B. durchlaufendem Vollastbetrieb, Legung zahlreicher Kabel in einem mehr oder minder gut belüfteten Kanal, hat sich ein Belastungsversuch schon oft bezahlt gemacht.

Die Messungen können mit normalen, handelsüblichen Leistungs-, Strom- und Spannungsmessern ausgeführt werden, wobei die bei größeren Anlagen meist vorhandenen Stromwandler mit verwendet werden können. Nur bei Höchstspannungs-Kabelanlagen großer Länge, wenn die Kurzschlußspannung groß wird, ist es manchmal erforderlich, auch besondere Spannungswandler einzuschalten. Als Stromquelle wird zweckmäßig meist ein Kraftwerksgenerator unmittelbar benutzt, d. h. mit Umgehung des Hochspannungstransformators, wobei aber manchmal durch Zuschaltung feinstufiger Regler im Erregerkreis dafür zu sorgen ist, daß die gewünschten Belastungsströme eingestellt und während der Versuchsdauer möglichst konstant gehalten werden können. Über die Durchführung solcher Messungen und die dabei erzielten interessanten Ergebnisse wird gelegentlich an anderer Stelle ausführlich berichtet werden.

4. Die schwedischen Prüfnormen SEN 37—1949

In Schweden hat man bei der Aufstellung der elektrotechnischen Normen für papierisolierte Bleikabel von höherer Spannung als 600 Volt [3] den eingangs geschilderten, im Betrieb auftretenden Beanspruchungen sowie den Eigenheiten der verschiedenen Dielektrika bereits weitgehend Rechnung getragen. Die Wechselspannungs-

prüfung (§ 16) wird ebenso wie die Stoßprüfung (§ 14) nur als Typenprüfung an kurzen Kabelstücken ausgeführt. Massekabel unter 10 kV werden mit 50 Hz 4 Stunden bei rd. 65° C mit 3 U_0 Leiter/Blei bzw. 3 U Leiter/Leiter geprüft, Massekabel für höhere Nennspannungen 48 Stunden lang bei dreistündigen Temperaturwechseln zwischen 0 und 50° C mit der Spannung 2,7 U_0 Leiter/Blei bzw. 2,7 U Leiter/Leiter; Olkabel hingegen werden 48 Stunden lang bei rd. 65° C konstanter Temperatur mit 2,7 U_0 Leiter/Blei bzw. 2,7 U Leiter/Leiter geprüft.

Die Stückprüfung — „Allprüfung an ganzen Kabel-längen“ — wird mit Gleichspannung ausgeführt (§ 15), wobei unter 100 kV Nennspannung die Höhe der Prüfspannung gleich der bei Stoßspannungsprüfungen ist, bei Olkabeln für Höchstspannungen (100 kV und mehr) jedoch wesentlich unter der Stoßspannungshöhe bleibt; dabei ist vorgesehen, daß derartige Prüfungen mit extrem hohen Spannungen nach der Verlegung und Montage ausgeführt werden (§ 31: 100 kV-Kabel 450 kV, 200 kV-Kabel 650 kV). Die Dauer der Beanspruchung nach Erreichung der vollen Prüfspannung wird mit einer Minute angegeben. Die Polarität ist nicht vorgeschrieben.

Der dielektrische Verlustfaktor und sein Anstieg wird bei 0,75 U_0 und 1,5 U_0 gemessen (§ 17). Auch hier sind für Olkabel und besonders bei hohen Nennspannungen wegen der Schwierigkeiten bei der Prüfung Sondervereinbarungen in Aussicht genommen.

Bei den Bestimmungen über die mechanischen Prüfungen sind ausführliche Angaben über Druckproben gemacht worden (§ 19), auf die im Rahmen dieses Berichtes aber nicht näher eingegangen werden kann.

Schrifttum

- [1] H. Verse: Hohe Gleichspannung; Die Technik, Bd. 2, 1947, Heft 5 u. 6 mit ausführl. Literat.-Hinweis.
- [2] E. Bormann u. J. Seiler: Dielektrische Verlustmessungen an Drehstromkabeln bei betriebsmäßiger Beanspruchung; ETZ, Bd. 49, 1928, Heft 7.
- [3] SEN 37—1949 Normer För Blymantlade, Pappers-Isolerade Kablar för högre märkspänning än 600 volt.

Aussprache

Einführender macht darauf aufmerksam, daß die Messung des $\tan \delta$ als Funktion der Temperatur ebenfalls sehr wichtig ist. Aus der dabei erhaltenen Kurve kann man ersehen, ob das Dielektrikum zum Wärmedurchschlag neigt [2].

Herr H. Grünwald, Witten: Wie werden Stoßspannungsprüfungen an Kabeln durchgeführt, und welche

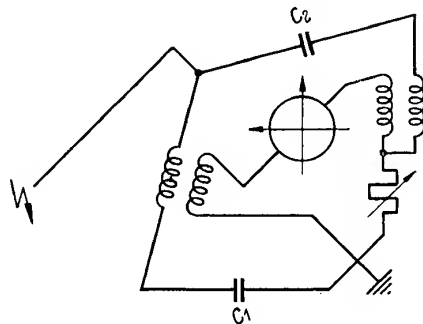


Bild 4 Schering-Brücke in M-Schaltung

Ergebnisse sind damit erhalten worden? Diese Werte sind von Bedeutung für Kabel im Zuge von Mittelspannungsfreileitungen.

Vortragender: Kurzen Kabelstücken von 5...10 m Länge wird mit Hilfe leistungsfähiger Stoßspannungsanlagen eine genormte Stoßwelle aufgedrückt. Die Festigkeit beträgt bei massegetränkten Papierbleikabeln rd. 100...110 kV/mm, wobei ein gewisser Polaritätseinfluß zu beobachten ist. Bei den thermisch sta-

bilen Olkabeln ist die Stoßfestigkeit ungefähr gleich groß, jedoch unabhängig von der Polarität [3].

Herr G. Buß, Köln: Wenn ich den Vortragenden richtig verstanden habe, wird nach den schwedischen Vorschriften die Prüfung mit Gleichspannung an verlegten Kabeln nur sehr kurzzeitig ausgeführt. In Deutschland hat man aber doch wohl die Erfahrung gemacht, daß eine solche Prüfung nur dann zur Entdeckung sogenannter „schleichender Fehler“ führt, wenn das Kabel-dielektrikum über eine längere Zeit der Beanspruchung mit hoher Gleichspannung unterworfen wird. Diese Erkenntnis, die in der Praxis gewonnen wurde, hat ihren Niederschlag in der neuen VDE-Vorschrift 0255/2.51 gefunden.

Vortragender: Dies stimmt, zumal es auch mit Rücksicht auf die Aufladung bei kapazitätsreichen Anlagen kaum möglich ist, in dieser kurzen Zeit den tatsächlichen Isolationsstrom zu messen, und es längerer Beobachtung bedarf, um festzustellen, ob die Aufladung ganz beendet ist. Einen sich abbahnenden Fehler kann man im Isolationsstrom jedoch meist in wenigen Minuten erkennen, wenn es auch unter ungünstigen Umständen noch länger als eine Stunde dauern kann, bis er zum Durchbruch kommt.

Herr H. Lau, Hannover: Außer der „umgekehrten“ Scheringbrücke ist für die Messung verlegter Kabel mit Betriebsspannung auch die M-Schaltung mit Vorteil zu verwenden (Bild 4).

Vortragender: Solche Messungseinrichtungen werden nur selten benutzt, denn die klassische Schering-Brücke ist in weitesten Kreisen beliebt und international anerkannt. Ihre Einzelteile lassen sich auch gegen Fremdfelder besser schirmen und sind übersichtlicher als Induktivitäten oder gar Kunstschaltungen. Darüber kann Herr Professor Schwenkhagen nähere Auskunft geben.

Herr H. F. Schwenkhagen, Wuppertal: Die Messung dielektrischer Verluste nach einem Kompensationsverfahren ohne Verwendung von Vergleichskondensatoren ist zum erstenmal etwa um das Jahr 1926 bei Coronamessungen von 100 kV-Freileitungen angewandt worden. Als „Vergleichsnorm“ diente dabei eine Gegeninduktivität mit leerlaufender Sekundärspule, praktisch ein Stromwandler ohne Eisenkern. Mit dem Verfahren können bei entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen hinsichtlich Abschirmung und Leitungsführung dieselben Meßunsicherheiten erreicht werden wie bei der Schering-Brücke. Später sind praktische Messungen mit solchen Wandlern sowohl an Generatoren wie auch an Hochspannungskabeln mit Erfolg durchgeführt worden. Der Hauptvorteil liegt darin, daß einerseits auch an geredeten Objekten ohne besondere Abschirmkäfige und dergleichen gemessen werden kann, und daß andererseits alle Teile der Verlustwinkelmeßanlage ohne Schwierigkeiten ebenso isoliert werden können wie betriebsmäßige Anlageteile, so daß man also mit Betriebsspannung und in betriebsmäßigem Zustand messen kann. Zu beachten ist allerdings, daß bei Drehstrommessungen Fehlmessungen unvermeidlich sind, wenn man nicht den Verlustwinkel in allen drei Strängen mißt und die Ergebnisse mittelt [4].

Herr F. Simons, Mannheim: Die Prüfung mit Gleichspannung nur für kurze Zeit ist schlechter als für längere Zeit gemäß VDE-Vorschrift, weil sich Fehler ja auch erst nach längerer Zeit bemerkbar machen können. Es kommt vor, daß der Isolationsstrom bei fehlerhaften Kabeln viele Minuten lang sich nicht ändert.

Vortragender: Diese Erscheinung haben wir auch mehrmals beobachtet. Dann war aber der Isolationsstrom dennoch nicht in Ordnung, sondern immer bedeutend zu hoch. In einem solchen Fall muß man die Prüfung natürlich so lange fortsetzen, bis es zum Durchschlag kommt und zu diesem Zweck eventuell auch die Prüf-

spannung erhöhen. Es empfiehlt sich, den Isolationsstrom in kritischen Fällen als Funktion der Prüfspannung zu messen und aufzuzeichnen. Die Tangente an die so erhaltene Kennlinie im Nullpunkt kann zur Berechnung des Isolationswiderstandes der Kabelanlage benutzt werden (Bild 5).

Sprühverluste an den Endverschlüssen oder in der Prüfeinrichtung können dadurch eliminiert werden. Die so ermittelten Isolationswerte stimmen mit den theoretisch berechneten überein. Fehlerfreie Endverschlüsse, die gut gesäubert sind, haben keinen nennenswerten Ableitungsverlust. Bei der Prüfung mehradriger Kabel bietet der Vergleich der gemessenen Isolationsströme der einzelnen Adern untereinander schon einen gewissen Anhalt für die Fehlererkenntnis; die Meßwerte guter Adern unterscheiden sich meist nur wenig voneinander, die von fehlerhaften weichen aber meist um mehrere Zehnerpotenzen ab.

Herr Kirch, Köln-Mülheim: Bedauerlicherweise ist der Vortragende nicht näher auf die grundsätzlich wichtigen Fragen eingegangen, ob und unter welchen Voraussetzungen man überhaupt berechtigt ist, eine Wechselspannungsprüfung durch eine Gleichspannungsprüfung zu ersetzen. (Schriftlich ergänzt: Praktisch gesehen, kommt meine Bemerkung also darauf hinaus: welche Voraussetzungen müssen nach der Meinung des Vortragenden bei der Prüfung mit Gleichspannung hinsichtlich Spannungshöhe und Dauer, Temperatur usw. geschaffen werden, damit eine einigermaßen adäquate bzw. ausreichend wirksame Prüfung gewährleistet ist, bzw. welche Ergänzungsprüfungen zu der rein statischen Gleichspannungsprüfung müssen vorgenommen werden, damit das gewünschte Ziel erreicht wird?)

Vortragender: Es gibt natürlich Fälle, wo es nicht möglich ist, die Wechselspannungsprüfung vollwertig durch die Gleichspannungsprüfung zu ersetzen, z. B. bei Typenprüfungen oder bei der Untersuchung stark gealterter Kabel, bei welchen die dielektrischen Verluste von wesentlicher Bedeutung sind. Ich behandelte hier aber in erster Linie die Prüfung neuer Kabel im Werk oder nach der Verlegung; für solche Fälle glaube ich die Frage durch die geschilderten technischen Zusammenhänge und die auf Bild 1 des Fachberichtes gezeigte Zeitspannungsfestigkeit und Fehlerursachen durchaus positiv beantwortet zu haben.

(Schriftliche Ergänzung: Die Spannungshöhe bei der Gleichspannungsprüfung könnte m. E. größer sein als in VDE 0255 angegeben, wenn auch nicht so hoch wie in den schwedischen Normen; dies gilt besonders für die Prüfung nach der Verlegung [vgl. Diskussionsbeitrag des Herrn Tost]. Die Zeitdauer dürfte am zweckmäßigsten und wirtschaftlichsten zwischen 10 und 20 Minuten liegen, sofern es sich nicht um das Ausbrennen sich anbahnender Fehler handelt [vgl. Antwort zum Diskussionsbeitrag des Herrn Dr. Bus und des Herrn Dipl.-Ing. Simon]. — Natürlich kann man die bei der Entwicklung von Höchstspannungskabeln für Drehstromübertragung durch Typenprüfungen zu klärenden Fragen, wie Einfluß der Temperatur, der dielektrischen Verluste usw., durch eine Prüfung mit ruhender Gleichspannung nicht ersetzen.)

Herr A. König, Wuppertal: Wie bestimmt man den Fehler beim Durchschlag mit Prüfgleichspannung bei kleiner Leistung an kurzen Längen? Erfahrungsgemäß sind die Ladeleistungen an Einzellängen verhältnismäßig klein, um am Durchschlag leitende Brücken zu bilden. Außerdem interessiert die Ursache des Durchschlages, die natürlich beim Ausbrennen mit Wechselspannung meist beseitigt ist.

Vortragender: Man kann durch Ausbrennen des Fehlers mit einem Gleichstrom von 20 bis 50 mA, wie ihn die handelsüblichen Gleichspannungs-Prüfeinrichtungen meist abgeben, an der Fehlerstelle fast immer eine leitende Brücke erzeugen und den Fehler dann in bekannter Weise einmessen. Sollte diese Brückenbildung jedoch

Schwierigkeiten machen, wird mit Vorteil eine Hochspannungs-Fehlerorts-Meßbrücke verwandt, die nach der Schleifenmethode arbeitet und über Isolierstangen bedient wird, so daß während der Messung der Stromfluß über die Fehlerstelle mit Hilfe des Gleichspannungs-Prüfgerätes aufrechterhalten wird. Oft kann man aber auch durch Zuschalten kapazitätsreicher Kabelanlagen einen so starken Energiespeicher schaffen, daß beim Durchschlag die Fehlerstelle leitend wird, ja, daß man u. U. den Entladungsknall sogar aus dem Erdboden heraus hört, wenn man sich in der Nähe der Fehlerstelle befindet.

Herr H. F. Schwenkhagen, Wuppertal: Wenn auch der Vortragende die Gleichspannungsprüfung in erster Linie als Fabrikprüfung für neue Kabel behandelt hat, so möchte ich noch auf die Bedeutung solcher Prüfungen für verlegte Kabel besonders hinweisen, weil beim „Spannen“ von Hochspannungskabeln, in denen Schäden vermutet werden, betriebsmäßig immer wieder Fehler vorkommen, die zu schweren Folgen führen. In Ermangelung von Gleichspannungs-Prüfanlagen verfahren

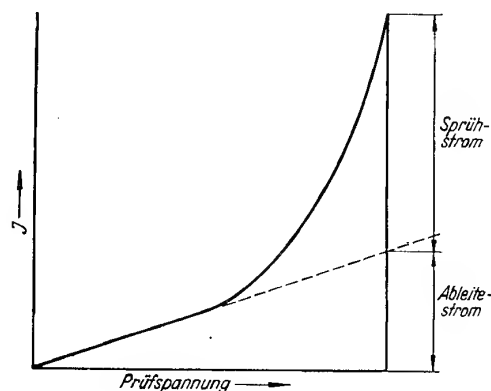


Bild 5 Isolationsstrom in Abhängigkeit von der Prüfspannung

viele Werke bei der Prüfung von Hochspannungskabeln, die durch Selektivschutz ausgefallen sind, bei denen aber der Fehler nach der Störung nicht einmeßbar ist, auf folgende Weise: sie trennen das Kabel vom übrigen Netz und erregen es über einen besonderen Betriebs-transformator. Das abgetrennte Kabel ist dann natürlich nicht kompensiert, wie das im normalen Betrieb wäre. Erfolgt ein Durchschlag an der Schadenstelle erst in Nähe der Betriebsspannung, wie das oft geschieht, so entstehen die u. U. sehr hohen Überspannungen des intermittierenden Erdschlusses, als deren Folge dann neue Fehlerstellen im Kabel vorbereitet werden. Das ursprünglich nur an einer Stelle beschädigte Kabel wird dadurch u. U. in seiner ganzen Länge unbrauchbar. Gleichstromprüfanlagen haben also auch für die Praxis bei verlegten Kabeln besondere Bedeutung.

Herr E. Tost, Marl i. Westf.: Zu der Höhe der Prüfgleichspannung für verlegte Kabel (Kabelanlagen) möchte ich folgendes bemerken: Der Einführende erwähnte den Aufsatz von P. Kaiser aus der ETZ, H. 47/48, 1943. Kaiser berichtet dort auf den Seiten 623...624 über Erfahrungen mit Kabelprüfungen und empfiehlt, bei Gleichspannungsprüfungen etwa das Siebenfache der effektiven Betriebsspannung anzuwenden. Auch von einem unserer führenden Kabelwerke wurde mir gelegentlich bestätigt, daß als Prüfgleichspannung die sechsfache Betriebswechselspannung ohne Bedenken an ein Massekabel gelegt werden darf. Ich habe bei Kabelprüfungen wiederholt die Erfahrung gemacht, daß z. B. 6 kV-Kabel, die beim Abschalten von leerlaufenden Transformatoren infolge der Schaltüberspannungen Erdschlußwischer hervorriefen, oft erst bei Prüfgleichspan-

nungen über 30 kV an den Stellen mangelhaft gewordenen Isolation (dicht unterhalb der Endverschlüsse) durchschlugen. Aus zahlreichen Berichten über Durchschlagversuche ist bekannt, daß die Durchschlagfestigkeit des massegetränkten Papierdielektrikums für Gleichspannung bei etwa 100 kV/mm liegt. Um also ein gesundes 6 kV-Einleiterkabel mit seiner 2,6 mm starken Isolation zu durchschlagen, wären etwa 260 kV erforderlich; für 6 kV-Gürtelkabel liegt dieser Wert noch höher.

Bis zum Inkrafttreten von VDE 0255/2.51 waren z. B. für betriebsfertig verlegte 6 kV-Kabel folgende Prüfgleichspannungen festgesetzt: Bei Dreimantelkabeln $4 \cdot U_0$ während 60 Minuten und $5,5 \cdot U_0$ für 1 Minute, entsprechend 14 bzw. 19 kV. Bei Gürtelkabeln je Ader $3 \cdot U$ während 20 Minuten und $4,2 \cdot U$ für 1 Minute entsprechend 18 bzw. 25 kV. Nach VDE 0255/2.51 § 11b.1 sind einheitlich für beide Kabeltypen $3 \cdot 2 \cdot U_0$ festgesetzt, d. h. für 6 kV-Kabel 21 kV. Die gleichzeitig vorgenommene Veränderung der Prüfdauer auf grundsätzlich 60 Minuten dürfte m. E. keine wesentliche Verschärfung der Prüfung bedeuten, da der Vortragende im ersten Lichtbild zeigte, daß bei Gleichspannungsbeanspruchung keine einschneidende Abhängigkeit der Durchschlagfestigkeit von der Prüfdauer besteht. Den Bedürfnissen bzw. Erfahrungen der Praxis wäre besser entsprochen worden, wenn in den neuen Vorschriften die Prüfgleichspannung für Kabelanlagen einheitlich auf einen Wert wenig unterhalb des Scheitelwertes der Prüfwechselspannung der Endverschlüsse festgesetzt worden wäre, zumal eine zu niedrig gewählte Prüfspannung das Verfahren der Prüfung von Kabeln mittels Gleichspannung sehr leicht in Mißkredit bringen kann.

Da 6 kV-Kabel üblicherweise mit Endverschlüssen der Reihe 10 versehen werden, deren effektive Prüfspannung

42 kV beträgt, ergibt sich bei Anwendung von 90 % des Scheitelwertes dieser Spannung für 6 kV-Kabelanlagen eine Prüfgleichspannung von etwa 53 kV. Dieser Wert, der rund dem Neunfachen der Kabelbetriebsspannung entspricht, liegt noch um 10 kV unter der Prüfspannung für ein 5 m langes Kabelstück ($3 \cdot 6 \cdot U_0$), der der Prüfling laut § 10c 2 während fünf Minuten standhalten soll, und beträgt nur einen Bruchteil der Durchschlagfestigkeit der Kabelisolation.

Vortragender: Für die Prüfung im Werk ist die Wechselspannung $2,5 U_0 + 2,5$ kV festgesetzt und die Gleichspannung mit dem dreifachen Betrag der Wechselspannung, d. h. $3 \cdot (2,5 U_0 + 2,5)$, also ungefähr die achtfache Betriebsspannung im symmetrischen Betrieb. Die Gleichspannungsprüfung nach der Verlegung mit $3 \cdot 2 U_0$ gibt allerdings nur die sechsfache Betriebsspannung. Die schwedischen Prüfspannungen für Kabel unter 100 kV liegen höher; für 6 kV Nennspannung z. B. bei 55 kV.

Einführender: Viele deutsche und ausländische EVU haben fahrbare Gleichspannungsanlagen und prüfen ihre Hochspannungs-Kabelstrecken periodisch mit bestem Erfolg. Die Zahl der unerwarteten Durchschläge geht merklich zurück, da die Gleichstromprüfung sie vorher aufdeckt. Auch in Bergwerksgebieten, in denen häufig Erdbewegungen Kabel beschädigen, ist die periodische Gleichspannungsprüfung sehr zu empfehlen.

Schrifttum

- [1] F. Kaiser: Betriebserfahrungen mit Hochspannungsmassekabeln. ETZ, Bd. 64, H. 47/48, S. 621...625, 1943.
- [2] W. Vogel: Über die Belastung von Kabelleitungen. Elektrizitätswirtschaft, Bd. 42, H. 2, S. 33...36, 1943.
- [3] Held und Leichsenring: Stoßspannungsfestigkeit von Hochspannungskabelanlagen. CIGRE, H. 207, 1939.
- [4] F. Schwenkhausen: Allgemeine Wechselstromlehre, S. 250, Verlag Springer, Berlin.

Aluminiummängel bei Starkstromkabeln für Nieder- und Hochspannung

Von W. Clausnitzer

I. Aufgabe und Ausführung von Kabelmänteln

Der Kabelmantel hat vornehmlich die Aufgabe, die Kabellese zur Erhaltung der dielektrischen und isolierenden Eigenschaften der Isolation abzuschließen und damit vor äußeren Einwirkungen zu schützen. Bei allen Kabeln, deren Isolierung feuchtigkeitsempfindlich ist, benötigt man einen Mantel, der absolute Dichtigkeit durch die Art seiner Ausführung und durch den verwendeten Mantelwerkstoff gewährleistet. Der Mantelwerkstoff muß in seinen Eigenschaften auch noch den Anforderungen genügen, die sich aus den Beanspruchungen bei der Herstellung, dem Transport, der Verlegung und im Betrieb der Kabel ergeben. Erfahrungsgemäß wird bei Kabeln mit einer hygroskopischen Isolation nur ein Mantel aus einem metallischen Werkstoff den an ihn gestellten Anforderungen gerecht, da Mäntel aus Kunststoffen zum mindesten wasserdampfdurchlässig sind.

Zur Ummantelung von Kabeln hat sich das Blei als sehr geeigneter Werkstoff bewährt, obgleich es nicht in jeder Beziehung das ideale Mantelmetall ist [1]. Blei und die für Kabelmäntel verwendeten Legierungen weisen nämlich gewisse nachteilige Eigenschaften auf. Vor allem sind es in mechanischer Hinsicht die verhältnismäßig geringen Werte von Festigkeit, Härte, Dauerstandfestigkeit und Schwingungsfestigkeit, die zusätzliche Maßnahmen zum Schutze des Bleimantels selbst erfordern. Außerdem ist Blei ein spezifisch schwerer Werkstoff, der an sich schon und dazu noch durch die Notwendigkeit einer besonderen Bewehrung des Bleimantelkabels ein hohes Kabelgewicht bedingt. Häufig hat auch die Beschaffung von Blei Schwierigkeiten bereitet.

Aus diesen Gründen hat man sich schon länger um den Einsatz anderer Werkstoffe bei der Herstellung von

Kabelmänteln bemüht. Wenn sich trotzdem der Bleimantel seine traditionelle Vorrangstellung bis heute fast unangetastet bewahrt hat, so ist das nicht allein darin begründet, daß sich Blei leicht und wegen seines guten plastischen Verhaltens schon bei relativ niedrigen Temperaturen in Bleimantelpressen verarbeiten läßt. Vor allem hat hierzu das Fehlen eines anderen, in dieser Hinsicht dem Blei gleichwertigen oder besseren Werkstoffes für Kabelmäntel entscheidend beigetragen.

In dem Maße, wie es gelang, Aluminium in immer größeren Mengen und auch mit hohem Reinheitsgrad wirtschaftlich herzustellen, wuchs das Interesse der Kabeltechniker an diesem leichten und besonders hinsichtlich seiner Festigkeitseigenschaften im Vergleich zu Blei vorteilhaft erscheinenden Werkstoff, zumal man darüber hinaus hoffte, daß Aluminium sich in ähnlicher Weise wie Blei, wenn auch bei erhöhten Preistemperaturen, aber noch ohne Wärmeschädigung der empfindlichen Kabelisolation, kontinuierlich zu einem nahtlosen Kabelmantel verpressen lassen würde.

Heute stehen nun nach langjähriger Entwicklungsarbeit Kabel mit Aluminiummantel für den praktischen Einsatz zur Verfügung. Sie werden vorwiegend noch nach einem anderen als dem hydraulischen Preßverfahren hergestellt, dessen industrielle Verwertung jetzt aber ebenfalls anzulaufen beginnt.

II. Vergleich der Eigenschaften von Kabelmänteln aus Aluminium und Blei auf Grund der Werkstoffeigenschaften

Wenn man sich von einem Aluminiumkabelmantel gegenüber einem Bleimantel wesentliche Vorteile verspricht, so stützt man sich dabei in erster Linie auf die

überlegenen mechanischen Eigenschaften von Aluminium im Vergleich zu Blei. Eine Vorstellung von dieser Überlegenheit soll Bild 1 mit den entsprechenden technologischen Eigenschaften der hauptsächlichsten Vertreter der Kabelmantelmetalle der Blei- und der Aluminiumgruppe vermitteln.

Die schematische Darstellung gibt Richtwerte für die wichtigsten statischen und dynamischen Festigkeitseigenschaften und kennzeichnet außerdem durch Schraffur gewisse Bereiche, innerhalb derer die Eigenschaftswerte beider Gruppen entsprechend den Verarbeitungsbedingungen streuen können. Summarisch läßt sich sagen, daß Aluminium hiernach die mehrfache Festigkeit und Härte von Blei besitzt. Die Streckgrenze von Aluminium liegt ebenfalls höher als bei Blei, für das eine solche Angabe an sich keinen Sinn hat und lediglich zur besseren Verdeutlichung der charakteristischen Unterschiede erlaubt sein möge. Bekanntlich fließt Blei schon bei sehr geringer statischer Belastung so stark, daß eine eigentliche Streckgrenze nicht mehr bestimmbar ist. Hinsichtlich der Dauerstand- oder Kriechfestigkeit ist somit Aluminium klar im Vorteil gegenüber Blei. Im Gegensatz zu Blei, auf dessen niedrige Rekristallisationstemperatur seine störende Neigung zu Grobkornbildung und seine interkristalline Brüchigkeit schon bei normalen, noch mehr bei den erhöhten Temperaturen des Kabelbetriebs, vor allem unter Schwingungsbeanspruchung, zurückzuführen ist, rekristallisiert Aluminium erst bei Temperaturen, wie sie normalerweise im Betrieb von Kabeln nicht erreicht werden. Dieses unterschiedliche Verhalten kommt eindeutig in den beträchtlich höheren Werten der Erschütterungsfestigkeit von Aluminium, verglichen mit Blei, zum Ausdruck.

Welche Folgerungen ergeben sich nun hieraus speziell für den Kabelmantel? Auf das Biegeverhalten von Kabelmängeln sind die das plastische Formänderungsvermögen des Mantelwerkstoffs kennzeichnenden Festigkeitseigenschaften von wesentlichem Einfluß, da von ihnen abhängt, in welchem Maße sich ein Kabelmantel biegen läßt und welche Kräfte dabei aufgewendet werden müssen. Wichtig ist deshalb in diesem Zusammenhang auch die Erscheinung der Werkstoffverfestigung infolge einer etwaigen Kaltverformung. Auf Grund der nur wenig voneinander abweichenden Biegezahlen von Aluminium und Blei bei Biegung bis zum Bruch sind keine großen Unterschiede in der Biegefähigkeit von Aluminium- und Bleimängeln zu erwarten, auch unbeschadet der bleibenden Verfestigung von Aluminium beim Biegen. Jedoch verhalten sich die Aluminiummäntel, die schon bei der Herstellung eine Verfestigung erfahren haben, wegen ihrer größeren Steifigkeit hinsichtlich der erforderlichen Biegekräfte ungünstiger als Bleimängeln. Diesem Nachteil läßt sich aber entgegenwirken, indem man die Wanddicke von Aluminiummängeln geringer als bei Blei hält. Selbst dann verleihen die Härte und Festigkeit von Aluminium dem Aluminiummantel eine ausreichende Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Beschädigungen. Die guten Festigkeitseigenschaften von Aluminium, z. B. Zug- und Dauerstandfestigkeit, lassen es außerdem in vielen Fällen zu, bei Aluminiummantelkabeln die bei Bleimantelkabeln zur Entlastung des Mantels von Längs- und Querkraften unerläßliche Bewehrung fortzulassen. Als besonderer Vorzug des Aluminiummantels ist anzusehen, daß er praktisch immun gegen Erschütterungen und Schwingungen ist. Auch das geringe spezifische Gewicht von Aluminium (2,7), das zu dem von Blei (11,3) etwa im Verhältnis 1 : 4 steht, ist ein sehr wesentlicher Faktor, weil bei dem prozentual hohen Gewichtsanteil eines Bleimantels am Kabelgesamtwert der Aluminiummantel eine beträchtliche Gewichtsersparnis bringt, die sich bei Anwendung dünnerer Wandstärken und gegebenenfalls durch Fortfall der Bewehrung noch beachtlich erhöht.

Die beiden Kabelbeispiele von Bild 2 sind insofern typisch, als es sich dabei um Starkstromkabel mit großem

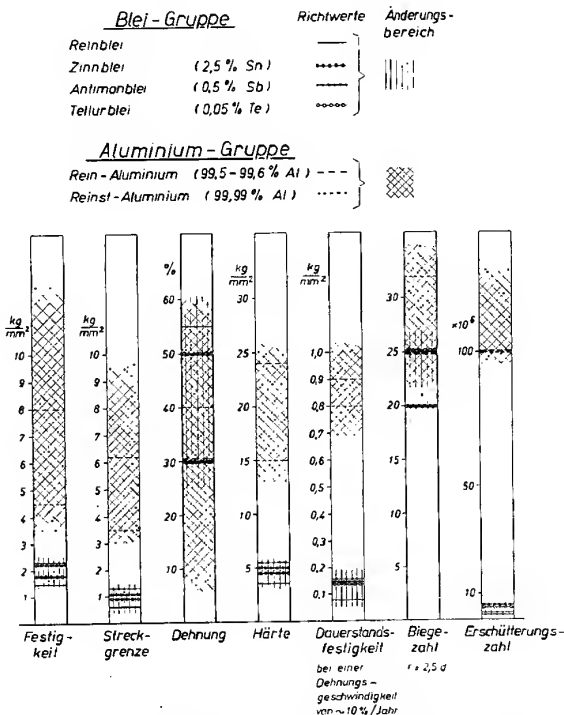


Bild 1 Vergleich der technologischen Eigenschaften von Kabelmantelwerkstoffen auf Blei- und Aluminiumbasis

bzw. mit kleinem Gewichtsanteil der metallischen Kabelwerkstoffe, d. h. also mit dünner bzw. dicker Isolationswandstärke handelt. Die Kurven, die die Abhängigkeit der prozentualen Gewichtsersparnis vom Leiterquerschnitt darstellen, grenzen ungefähr den Bereich ab, in dem aluminiumummantelte Starkstromkabel für Betriebsspannungen zwischen den angegebenen Werten liegen.

Bisher war von Aluminium schlechthin im Gegensatz zu Blei die Rede, um den Vergleich beider Werkstoffgruppen auf das Wesentliche zu beschränken. Doch gibt es auch innerhalb der beiden Gruppen starke Unterschiede. Z. B. ist Aluminium in der reinsten Form, als sogenanntes Reinst-Aluminium (99,99 % Al) in seinen Festigkeitseigenschaften dem Blei viel ähnlicher als tech-

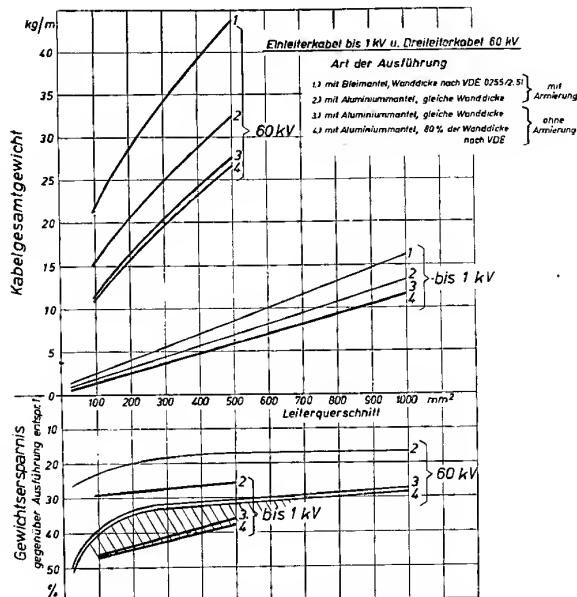


Bild 2 Gewichtsersparnis bei Starkstromkabeln durch Verwendung eines Aluminiummantels an Stelle eines Bleimantels

nisches Rein-Aluminium (99,5% Al). Kabelmäntel aus Reinst-Aluminium lassen daher eine bessere Biegefähigkeit als solche aus Rein-Aluminium erwarten. Auch in bezug auf Verarbeitbarkeit bietet das weichere und plastischere Reinst-Aluminium Vorteile, sofern man allerdings die naturgemäß höheren Werkstoffkosten in Kauf nehmen will.

III. Herstellungsverfahren für Aluminiumkabel

Nach folgenden Methoden ist bisher die Ummantelung von Kabeln mit einem Aluminiummantel in Betracht gezogen und mit mehr oder weniger großem Erfolg erprobt worden:

- a) Der Aluminiummantel wird unmittelbar, wie es bei der Bleimantelherstellung üblich ist, mittels einer Kabelmantelpresse auf die Kabelseele aufgepreßt (hydraulisches Preßverfahren).
- b) Der Aluminiummantel wird aus Bandmaterial hergestellt; ein Aluminiumband wird dazu in Längsrichtung um die Kabelseele zu einem Rohr zusammengebogen oder schraubenlinienähnlich aufgewickelt. Die Bandkanten werden in einer Naht verschweißt (Band-schweißverfahren) oder auch nur miteinander verklebt bzw. verfalzt.
- c) Das Kabel erhält einen Aluminiummantel in der Weise, daß die Kabelseele in ein gesondert gefertigtes Aluminiumrohr mit zunächst größerem als dem endgültigen Durchmesser eingezogen und dieses dann mit einem Ziehwerkzeug zu einem eng anliegenden Mantel kaltverformt wird (Herunterziehverfahren).
- d) Eine weitere Möglichkeit bietet ein kombiniertes Preß- und Herunterziehverfahren.

Hydraulisches Preßverfahren.

Als der Gedanke, Kabel mit einem Aluminiummantel auszuführen, erstmalig in Deutschland in den Jahren 1927/28 praktisch verwirklicht werden sollte, wurden von vornherein die größten Anstrengungen gemacht, das bewährte Preßverfahren auch für Aluminium beizubehalten [2—7]. Dabei ergaben sich jedoch Schwierigkeiten, weil die vorhandenen Bleipressenkonstruktionen, auf die man angewiesen war, aus folgenden Gründen den bei der Aluminiumverarbeitung an sie gestellten Anforderungen nicht entsprachen.

Gegenüber Blei (Schmelztemperatur 326° C), das sich bei Temperaturen um 200° C ohne Wärmeschädigung der Kabelisolation zu Kabelmänteln auspressen läßt, erforderte das weniger plastische Aluminium (Schmelztemperatur 658° C) entweder bei unverändertem Preßdruck eine Steigerung der Preßtemperatur bis zu 450° C oder bei geringerer Temperatursteigerung die Anwendung erhöhter Preßdrücke. Derartig hohe Temperaturen konnten der Kabelisolation trotz relativ kurzzeitiger Einwirkungsdauer in der Presse ebensowenig wie die notwendigen gesteigerten Preßdrücke den vorhandenen, zu schwachen Pressen zugemutet werden. Hinzu kamen metallurgische Schwierigkeiten infolge der gegenseitigen Einwirkung von Pressenbaustoff und Aluminium.

Erst durch Verwendung des plastischeren Reinst-Aluminiums an Stelle von Rein-Aluminium, dessen Verarbeitung angestrebt wurde, ließ sich der Nachweis führen, daß das Pressen von Aluminiummänteln grundsätzlich durchführbar ist. Es wurde erkannt, daß die Schaffung geeigneter Aluminiummantelpressen Vorbedingung für die Anwendung des Aluminiumpreßverfahrens bei der Kabelfertigung war. Der inzwischen erreichte Entwicklungsstand der Aluminiumpressen erlaubt das Verpressen von Hüttenaluminium mit einem Reinheitsgrad von 99,7% nach DIN 1712.

Bandschweißverfahren.

Die Entwicklung des Bandschweißverfahrens für Aluminiummäntel, die in Deutschland wegen der beim Aluminiummantelpressen bestehenden Schwierigkeiten und im Hinblick auf die Verwendungsmöglichkeit von Alumi-

nium mit einem Reinheitsgrad von 99,5% parallel zu dem Aluminiumpreßverfahren betrieben wurde, lieferte keine voll befriedigenden Ergebnisse [3—6].

Eine schädigende Hitzeeinwirkung auf die Kabelisolation beim Schweißen des Aluminiummantels ließ sich nicht mit Sicherheit ausschließen. Auch zeigte der nahtgeschweißte Aluminiummantel ein schlechtes Biegeverhalten. Die notwendige Nachbearbeitung der Schweißnaht und die werkstoffhärtende Kaltverformung beim nachträglichen Herunterziehen des vorsichtshalber weiter gehaltenen Mantels auf den endgültigen Durchmesser dürften hierauf wohl einen erhöhten Einfluß gehabt haben, weil bei der Bandschweißung des Aluminiummantels der Werkstoff ungleichmäßige Festigkeitseigenschaften über den Mantelumfang annimmt. Erst neuerdings gewinnt das Bandschweißverfahren, das daher noch keine Bedeutung für die Praxis erlangen konnte, auf Grund von Entwicklungsarbeiten mit dem Ziel, die Naht des aus Aluminiumband geformten Mantels mittels Pressung der umgebördelten, aneinanderliegenden Bandkanten kalt zu schweißen (Preßdruckschweißung), wieder an Interesse [8—12].

Aus dem Ausland ist noch eine besondere Form eines aus dünnem Aluminiumband überlappt gewickelten Mantels bekannt geworden, bei dem die Naht durch Verkleben oder Verfalzen der Bandkanten abgedichtet ist. Dieser Aluminiummantel ist zur Erreichung einer besseren Biegsamkeit gewellt und durch einen Polyäthylenmantel geschützt.

Herunterziehverfahren.

Das Herunterziehverfahren stellt heute eine technisch so weit vervollkommnete Methode dar, daß nach ihr eine laufende Fertigung von Aluminiummantelkabeln in größerem Umfang mit allen Aluminiumsorten geschehen kann. Hauptsächlich englischen Kabelherstellern kommt das Verdienst zu, diese aus den Anfängen der Kabeltechnik stammende und daher rückschrittlich anmutende Methode [13—15] wieder aufgegriffen (1946) und mit ihr das Problem der Kabelummantelung mit einem nahtlosen Mantel aus gewöhnlichem Rein-Aluminium technisch gelöst zu haben [16, 17]. Auch in Deutschland wird von diesem Verfahren, das sich durch Vermeidung jeglicher Hitzeeinwirkung auf die Kabelisolation auszeichnet, erneut Gebrauch gemacht, nachdem früher schon einmal diese Möglichkeit geprüft, aber wegen der Umständlichkeit dieser Herstellungsart zugunsten der übrigen Verfahren zurückgestellt worden war.

Der Ablauf der wichtigsten Arbeitsgänge bei dem Herunterziehverfahren ist kurz der folgende:

Auslegen und Richten des unter Verwendung einer hydraulischen Presse gesondert hergestellten Aluminiumrohres;

Einziehen eines Zugseiles und anschließend damit der Kabelseele;

Herunterziehen des Aluminiumrohres, so daß es als Mantel das Kabel eng umschließt.

Bei der Diskontinuität einer solchen Fertigung, zu der noch die übrigen nicht erwähnten Fertigungsstadien des Kabels bis zur eigentlichen Ummantelung und danach bis zur völligen Fertigstellung des Kabels mit den äußeren Schutzhüllen hinzuzurechnen sind, ist eine zügige Abwicklung der einzelnen Herstellungsphasen Voraussetzung für eine umfangreichere industrielle Kabelfertigung nach dieser Methode. Z. B. sind in Großbritannien eigens dazu besondere Fabrikanlagen erstellt worden, in denen man inzwischen schon mehrere 100 km aluminiumummantelte Kabel fabriziert hat. Ebenso hat man in Deutschland schon zahlreiche Starkstrom- und Schwachstromkabel gefertigt [18].

Die mit dem Herunterziehverfahren maximal erzielbaren Kabelfertigungslängen sind begrenzt. Außer von den zur Verfügung stehenden fertigungstechnischen Möglichkeiten hängen sie davon ab, in welcher Länge man

die Kabelseele eines Kabels in das Aluminiumrohr einziehen kann, ohne daß der innere Kabelaufbau oder das Aluminiumrohr unter der dabei auftretenden Zugbeanspruchung Schaden nimmt.

Hieraus ergibt sich auch eine praktische Grenze für eine etwaige Verringerung der Wanddicke des Aluminiumrohres bzw. des späteren Aluminiummantels.

Maßgebend für die richtige Anwendung des Verfahrens ist die Beachtung der Gesichtspunkte, nach denen der Ausgangsdurchmesser der verwendeten Aluminiumrohre gewählt wird. Vor allem muß für einen nicht zu starken Verformungs- oder Abziehgrad bei dem Ziehprozeß durch Einhaltung eines möglichst geringen Durchmessers Sorge getragen werden, da sonst eine unerwünschte Verfestigung des Aluminiummantels eintritt (Bild 3), deren Folge eine Beeinträchtigung der Kabelbiegeeigenschaften ist.

Lediglich bei Spezialkabeln mit Innendruck kann eine derartige Verfestigung sogar erwünscht sein.

Kombiniertes Preß- und Herunterziehverfahren.

Die Herstellungstechnik für Aluminiummantelkabel gestaltet sich wesentlich einfacher, wenn das Herunterziehverfahren mit dem Preßverfahren für Aluminiummantele in der Weise kombiniert wird, daß der Alu-

Weiterhin ist in Bild 5 ein Dreimantelkabel abgebildet. Die Muster der Abbildungen wurden nicht besonders ausgewählt und hergerichtet. Es sind von zufällig noch vorhandenen Kabeln abgeschnittene Enden.

Mechanisches Verhalten von Kabeln mit Aluminiummantel.

Starkstromkabel mit Aluminiummantel lassen sich auf normalen Kabelhaspeln mit den bei Bleikabeln üblichen Abmessungen auftrommeln.

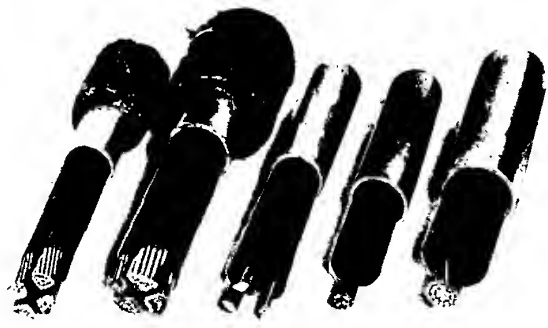


Bild 4 Verschiedene Starkstromkabel mit Aluminiummantel, von links nach rechts:

- 1. 1 kV, 4 x 50 mm² Cu, s, m
- 2. 1 kV, 3 x 95 mm² Cu, s, m
- 3. 10 kV, 3 x 25 mm² Cu, s, e
- 4. 30 kV, 1 x 50 mm² Cu, r, m
- 5. 45 kV, 1 x 185 mm² Cu, r, m

Die Biegeprüfung nach den VDE-Vorschriften, der in der Mehrzahl Kabel mit blankem Aluminiummantel unterworfen wurden, was einer verschärften Prüfung gleichkommt, wurde von allen geprüften Kabeln bestanden. Das Aussehen des Aluminiummantels bot in keinem Fall Anlaß zu Beanstandungen. In der Ausbildung der bei einer derartigen Prüfung unvermeidlichen Biegefallen zeigten sich insofern Unterschiede zu Bleimänteln, als diese bei Aluminiummänteln weniger zahlreich, aber dafür etwas stärker ausgeprägt sind. Bild 6 zeigt die unterschiedliche äußere Beschaffenheit des Aluminium- und des Bleimantels an zwei Vergleichskabeln im Zustand vor und nach der Biegeprüfung.

Schon eine leichte Bandagierung oder die Umhüllung des Aluminiummantels mit Korrosionsschutzschichten, noch mehr eine feste Bewehrung wirkt formhaltend und kann die bei blanken Mänteln stattfindende Faltenbildung erheblich mildern.

Wandstärke von Aluminiumkabelmantele.

Wegen der ausgezeichneten Festigkeitseigenschaften von Aluminium können Aluminiumkabelmantele mit geringeren Wandstärken als Bleimantele ausgeführt werden.

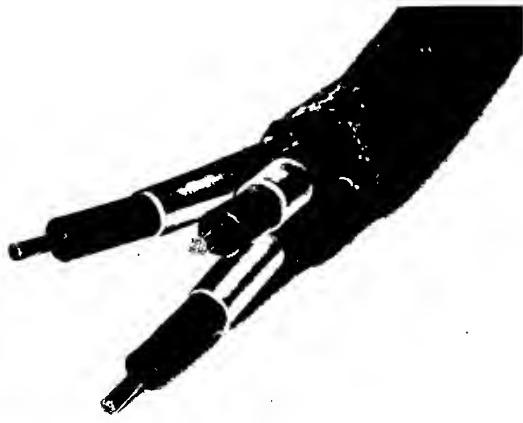


Bild 5 Dreimantelkabel mit Aluminiummantel, 30 kV, 3 x 50 mm² Cu

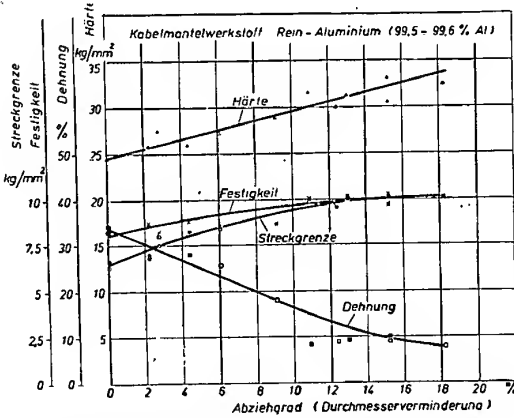


Bild 3 Einfluß des Abziehgrades auf die Werkstoffeigenschaften bei nach dem Herunterziehverfahren hergestellten Aluminiummänteln

miniummantel in einer Kabelmantelpresse mit zunächst größerer als der endgültigen Weite um das Kabel gepreßt und sofort ausgangs der Presse in der schon beschriebenen Weise verengt wird. Dadurch entfällt der umständliche Vorgang des Einziehens der Kabelseele in vorgefertigte Rohre. Auch die sonst bestehende Beschränkung der Kabelfertigungslängen ist aufgehoben. Zusätzlich benötigter Fabrikationsraum für das Einziehen der Kabelseele in das ausgelegte Aluminiumrohr wird eingespart. Trotz der relativ hohen Preßtemperatur kann Rein-Aluminium als Mantelwerkstoff benutzt werden, ohne daß die Kabelisolation Verbrennungen erleidet, da wirkungsvolle Kühlmaßnahmen getroffen werden können. Die in der Zwischenzeit gemachten Erfahrungen berechtigen zu der Erwartung, daß das kombinierte Verfahren wegen seiner großen Vorzüge das Herunterziehverfahren verdrängen wird.

IV. Erfahrungen bei der Herstellung und Verhalten von Starkstromkabeln mit Aluminiummantel

Zur Erprobung des Herunterziehverfahrens und zur Prüfung der mechanischen und elektrischen Eigenschaften der nach ihm hergestellten Aluminiummantelkabel wurden während eines längeren Zeitraumes Versuche mit verschiedenen Starkstromkabeltypen durchgeführt. Bild 4 zeigt einige dieser Kabel.

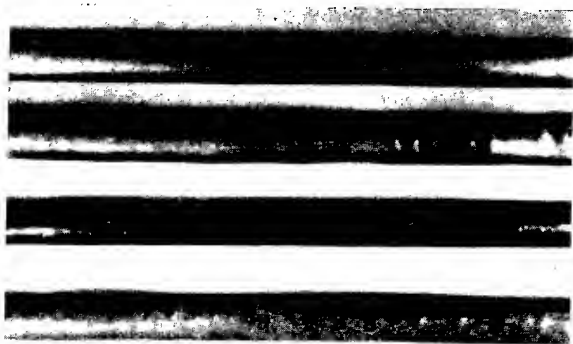


Bild 6 Aussehen eines Aluminium- und eines Bleimantelkabels (30 kV, 1x50 mm² Cu) vor und nach der Biegeprüfung (entspr. VDE 0255/2.51, jedoch bei einem Kerndurchmesser vom 15fachen des Kabeldurchmessers). Von oben nach unten:

1. mit Aluminiummantel (1,5 mm) vorher
2. mit Aluminiummantel (1,5 mm) nachher
3. mit Bleimantel (1,5 mm) vorher
4. mit Bleimantel (1,5 mm) nachher

Eine so weitgehende Verminderung der Wandstärken, wie sie bei bloßer Zugrundelegung der Festigkeitswerte von Aluminium möglich, wegen der größeren Steifigkeit von Aluminiummantelkabeln aber auch angebracht wäre, ist jedoch nicht tunlich, sofern nicht besondere Mittel vorgesehen sind, die eine formhaltende Wirkung auf dünnwandige Mäntel bei Biegebeanspruchung ausüben. Andernfalls besteht bei Unterschreitung einer gewissen vom jeweiligen Kabeldurchmesser abhängigen Mindestwandstärke erfahrungsgemäß in erhöhtem Maße die Gefahr von ernsthaften Deformationen und Brüchen des Aluminiummantels. Außerdem ist die Wandstärkenverminderung auch aus den schon erwähnten Herstellungs-

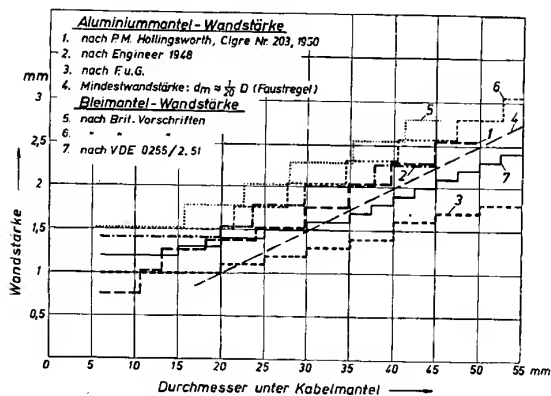


Bild 7 Wandstärken von Aluminium- und Bleimänteln für Starkstromkabel

gründen bei Anwendung des Herunterziehverfahrens begrenzt.

Zur Orientierung sind in Bild 7 die von den englischen Kabelherstellern im Schrifttum angegebenen Wandstärken von Aluminiummänteln für Starkstromkabel [16, 17] sowie die Wanddicken dargestellt, die u. E. diskutabel sind.

Zum Vergleich hierzu sind die Bleimanteldicken nach den einschlägigen britischen Vorschriften und nach VDE 0255/2.51 ebenfalls aufgetragen. Danach liegen die englischen Aluminiummantelwandstärken von etwa 90 % der entsprechenden englischen Bleimanteldicken noch über, die von uns vorgeschlagenen Wandstärken unter den geringeren deutschen Bleimanteldicken. Man könnte hier den Eindruck haben, daß man im In- und Ausland lediglich bestrebt ist, relativ kleinere Wandstärken bei Aluminiummänteln als bei Bleimänteln einzuhalten. Tatsächlich gehen aber die Ansichten über die zweckmäßige Wanddicke der Aluminiummäntel bei Starkstromkabeln

auseinander. Die englischen Kabelhersteller begründen ihre Festlegung der Wandstärken damit, daß nach ihren Erfahrungen bei gezogenen Aluminiummänteln eine Mindestwandstärke von rund $\frac{1}{20}$ des jeweiligen Kabeldurchmessers mit Rücksicht auf das Kabelbiegeverhalten nicht unterschritten werden sollte. Unser Standpunkt ist dagegen der, daß diese englische Faustregel etwas zu vorsichtig ist und daß ein Heruntergehen mit der Wandstärke auf etwa 80 % der VDE-mäßigen Bleimanteldicke noch vertretbar ist. Im Falle von gepreßten Aluminiummänteln und von Mänteln aus Reinst-Aluminium dürfte man, sowohl was die Kabelherstellung als auch das Kabelbiegeverhalten angeht, sogar noch darunter bleiben können, während man bei dem Herunterziehverfahren diese Möglichkeit im Hinblick auf die Fertigung nicht immer voll ausnutzen kann.

Betriebsverhalten von Starkstromkabeln mit Aluminiummantel.

Bei Spannungs- und Strombeanspruchung aluminiumummantelter Starkstromkabel wurden keine Beobachtungen gemacht, nach denen eine ebenso allgemeine Anwendung des Aluminiummantels wie die des Bleimantels ausgeschlossen wäre. Grundsätzlich können alle Typen von Starkstromkabeln, unabhängig von der Art ihrer Ausführung und ihrer Isolation, sowohl mit einem Blei als auch mit einem Aluminiummantel ausgeführt werden.

Da ein Aluminiummantel nicht so nachgiebig wie ein Bleimantel ist und da sich vor allem der gezogene und dabei verfestigte Aluminiummantel bei Beanspruchung mit Innendruck praktisch nicht aufweitet, war es von Interesse, zu prüfen, ob dadurch bei Strombelastung von aluminiumummantelten Starkstromkabeln deren Atmungs-fähigkeit behindert ist. Die zu diesem Zweck angestellten Versuche zeigten in Übereinstimmung mit theoretischen Überlegungen, daß dies nicht der Fall ist. Wohl ließen sich bei langem Kabel an vereinzelten Stellen Überdrücke bis zu einigen atü infolge der thermischen Volumenzunahme der Kabelisolation, d. h. des Tränkmittels, nachweisen. Diese blieben aber nicht bestehen, weil sich das Tränkmittel in die bei Starkstromkabeln durch den Tränkvorgang bedingten Hohlräume innerhalb der Kabelisolation und außerdem in die bei gezogenen Aluminiummänteln vorhandenen, herstellungsbedingten geringfügigen Zwischenräume zwischen Isolation und Mantel verteilen und ausgleichen konnte. Eine überschlägige Abschätzung der Tränkmittelausdehnung und des Leervolumens in Starkstromkabeln bestätigt, daß die Gefahr eines Aufsprengens des Aluminiummantels nicht gegeben ist.

Die Wärmeableitung bei Starkstromkabeln wird durch den Austausch von Blei gegen das besser wärmeleitfähige Aluminium als Kabelmantelwerkstoff nicht merklich beeinflusst, da die Wärmeleitfähigkeit des Kabelmantels neben den sonstigen Einflußgrößen zurücktritt. Die für bleiummantelte Starkstromkabel gültigen Belastungsstromstärken brauchen nicht geändert zu werden.

Bei der Planung von Kabelanlagen bedarf aber die Frage der Mantelverluste von wechselstrombetriebenen Einleiterkabeln, deren Aluminiummäntel elektrisch querverbunden sind, besonderer Beachtung. Weil Aluminium einen erheblich geringeren spezifischen elektrischen Widerstand ($0,0285 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$) als Blei ($0,215 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$) hat, sind die in den Aluminiummänteln fließenden Induktionsströme größer, als sie bei gleicher Anordnung und entsprechender Ausführung von Bleimantelkabeln wären. Obwohl also beim Übergang von Blei zu Aluminium der Mantelwiderstand kleiner wird und die Stromstärke der induzierten Mantelströme wächst, ergibt sich trotzdem eine Zunahme der Mantelverluste, die sich wiederum in einer zusätzlichen Kabelerwärmung auswirkt. Die Abhängigkeit der Mantelverluste vom Mantelwiderstand durchläuft nämlich ein Maximum, das zwischen den bei-

den Grenzfällen liegt, in denen die Verluste verschwinden müssen: Mantelwiderstand = 0 bzw. ∞ . Im Falle der Aluminiummantelkabel ist man näher in den Bereich dieses Maximums als bei Kabeln mit Bleimantel herangerückt. Soll eine erhöhte Kabelbetriebstemperatur bei aluminiumummantelten Einleiterkabeln im Wechselstrombetrieb nicht zugelassen sein, muß dafür gesorgt werden, daß die Mantelverluste reduziert werden.

Korrosionsverhalten von Kabeln mit Aluminiummantel.

Wegen des Korrosionsverhaltens von Aluminium trifft man häufig eine skeptische Zurückhaltung dem Aluminiummantel gegenüber an [19]. Zweifellos ist dafür eine gewisse Berechtigung vorhanden, da noch ausreichende praktische Erfahrungen fehlen, wie man sie nur an verlegten Kabeln in einem langjährigen Betrieb gewinnen kann. Um daher zu einer Beurteilung des Korrosionsverhaltens von aluminiumummantelten Kabeln gelangen zu können, ist es zweckmäßig, zunächst einmal die Korrosionsanfälligkeit von Aluminium für die verschiedenen Korrosionsarten zu betrachten und dann die Frage des Korrosionsschutzes zu prüfen.

Die Gefahr einer „mechanischen“ Korrosion, die bei Bleimänteln in interkristallinen Brüchen in Erscheinung tritt, besteht, wie schon erwähnt, bei Aluminium nicht. Hinsichtlich der „chemischen“ Korrosion, der Zersetzung und Zerstörung des Kabelmantels durch rein chemische Vorgänge, erweist sich das an sich sehr reaktionsfähige Aluminium im allgemeinen als ziemlich angriffsfest und oft sogar als wesentlich korrosionsbeständiger als Blei, weil es oberflächlich sehr schnell oxidiert und sich selbst mit einer dünnen, aber widerstandsfähigen Oxidschicht vor weiteren Angriffen schützt. Aus diesem Grunde ist die Korrosionsbeständigkeit von luftverlegten Aluminiumkabeln, auch ohne besonderen Korrosionsschutz, ausreichend. Die Gefahr chemischer Korrosion von Aluminium im Erdreich ist sehr von der Bodenbeschaffenheit, d. h. der Anwesenheit und Konzentration angriffsfähiger Agenzien, abhängig. Von Stoffen, die für Blei schädlich sind, wird Aluminium oft weniger angegriffen, während umgekehrt für Blei wenig schädliche Substanzen stärker korrodierend wirken können. Chemikalien, die die Bildung einer Aluminiumoxidschicht fördern, z. B. Sauerstoffsäuren und ihre Salze, wie Sulfate und Nitrate in reiner Form, sind ungefährlich. Auch organische Säuren braucht man im allgemeinen nicht zu fürchten. Andererseits bewirken aber Laugen und gewisse Alkalien, u. a. besonders Chloride, wegen der alkalischen Abbindepunkte auch Kalk, Mörtel und Zement, einen heftigen und zumeist weit ernsthafteren Korrosionsangriff als bei Blei, da alle diese Stoffe die Aluminiumoxidschicht abbauen und durchdringen können. Die eine Form der „elektrolytischen“ Korrosion, nämlich die „Fremdstrom“-Korrosion, die ihre Ursache in vagabundierenden Erdströmen hat, die in meist nicht zu übersehender Weise in den Kabelmantel eintreten und an anderen Stellen wieder austreten können, ist bei Aluminium um so bedenklicher, als Aluminium sowohl als Kathode als auch als Anode einer elektrolytischen Zersetzung ausgesetzt ist [20]. Die Kontaktkorrosion, die bei der Berührung von zwei Metallen in Gegenwart von Feuchtigkeit infolge lokaler Elementbildung eintritt, kann bei Aluminium wegen seiner exponierten Stellung in der elektrochemischen Spannungsreihe unangenehme Folgen haben, wenn der Zutritt von Feuchtigkeit bei metallischem Kontakt von Aluminiummänteln mit Schwermetallen, z. B. Kupfer und Messing, nicht verwehrt ist.

Unter dem vorstehenden Aspekt, nach dem der Aluminiummantel mit der Wirksamkeit des Korrosionsschutzes steht und fällt, ist es schwer, sich den Standpunkt der englischen Kabelhersteller mit den wohl weitreichendsten Erfahrungen in der Anwendung aluminiumummantelter Kabel zu eigen zu machen, wonach nämlich

je nach den örtlichen Gegebenheiten alternativ eine Normalausführung und eine Spezialausführung des Korrosionsschutzes gewählt wird. Die erstere, für harmlosere Bodenverhältnisse, besteht aus wasserabhaltenden bituminierten Papier- und Textilbändern mit Zwischenschichten aus Bitumen, die letztere, für den Fall einer nachweislich vorliegenden oder auch nur angenommenen Korrosionsgefahr des Aluminiummantelkabels, aus bituminierten Papier- und Textilbändern und wasserundurchlässigen Gummibändern mit Zwischenschichten aus Bitumen. Wegen der in einer solchen Alternative liegenden Unsicherheit wird man, zumal man die wirklichen Bodenverhältnisse längs einer Kabeltrasse auch bei sorgfältigster Prüfung nie vollständig übersehen wird, wohl stets den bestmöglichen Korrosionsschutz für erdverlegte Kabel für gerade gut genug halten.

Es bleibt also die Frage bestehen, welches die zweckmäßigste Ausführung des Korrosionsschutzes für Aluminiummantelkabel ist. Nach unseren bisherigen Erfahrungen dürfte ein Aufbau mit wasserundurchlässigen isolierenden Gummi- oder Kunststoffbändern bzw. -schichten die beste Schutzwirkung haben. Es ist aber trotz umfangreicher Versuche mit Schutzhüllen, die entweder aus Bändern um den Kabelmantel gewickelt oder als Schlauch aufgespritzt bzw. -gepreßt sind, nicht leicht, bei einer Abwägung dieser beiden Lösungen zu einer Entscheidung zu kommen. Bei einem unter Wahrung des Schichtungsprinzips gewickelten mehrlagigen Korrosionsschutz kann der Korrosionsangriff nur auf labyrinthähnlichen Wegen fortschreiten; zudem ist die Wahrscheinlichkeit des Aufeinanderfallens von Porositäten bei vielen Einzelschichten klein. Dagegen hat der als geschlossene Hülle gespritzte oder gepreßte Korrosionsschutz den Vorteil des stoffugenlosen Aufbaus; das Vorhandensein einzelner Porositäten, die sich bei der Fertigung nie ganz ausschließen lassen, würde aber zu einem konzentrierten Angriff gerade an diesen Stellen führen. Es besteht die Notwendigkeit einer besonderen Dichtigkeitsprüfung. Die Erfahrung muß lehren, welches der bessere Weg ist. Es wäre deshalb zu begrüßen, wenn auch die EVU durch das Studium der Korrosion aluminiumummantelter Starkstromkabel unsere Kenntnisse auf diesem Gebiet vervollständigen würden.

V. Verlegung und Montage von Starkstromkabeln mit Aluminiummantel

Die bisherige Kabelverlege- und Montagetechnik für Starkstromkabel wird durch den Aluminiummantel nur wenig beeinflusst, so daß es sich erübrigt, von einigen Bemerkungen hierzu abgesehen, näher darauf einzugehen.

Die Verlegefähigkeit aluminiumummantelter Starkstromkabel ist nicht schlechter als die von Bleimantelkabeln. Bei der Verlegung von Starkstromkabeln mit gezogenem Aluminiummantel macht sich die größere Kabelsteifigkeit nur in solchen Fällen stärker bemerkbar, wo ein geradliniger, kurvenfreier Verlauf der Kabeltrasse, z. B. in Städten, nicht ermöglicht werden kann. Bei Verlegungen in aufgeworfenen Kabelgräben lassen sich aber fast immer Laufrollen und Handhilfen anwenden, um die Arbeit beim Auslegen und Biegen der Kabel zu erleichtern. Bei Luftverlegungen ist die größere Kabelsteifigkeit aluminiumummantelter Starkstromkabel im Zusammenwirken mit dem geringeren Kabelgewicht vielfach sogar von Nutzen, weil sie die Einhaltung größerer Abstände zwischen den Auflage- und Befestigungspunkten gestattet.

Die Montage von Muffen und Endverschlüssen bei Aluminiummantelkabeln wird in der herkömmlichen Weise vorgenommen, ohne daß Spezialkonstruktionen erforderlich wären.

Auch Lötarbeiten an Aluminiummänteln lassen sich heute ohne Schwierigkeiten ausführen [3, 21]. Abweichend von der gewohnten Praxis ist aber eine besondere Vorverzinnung der Aluminiummäntel mit einem Sonder-

lot aus Zinn und Zink, das nach gründlicher Reinigung der Lötstelle und Entfernung der natürlichen Oxydhaut (durch Blankbürsten mit einer Drahtbürste oder durch Blankfeilen) kräftig und gleichmäßig aufgetragen wird. Danach läßt sich die eigentliche Lötverbindung bzw. der Schmierwulst unter Benutzung der für Bleimäntel üblichen Lote fertigstellen.

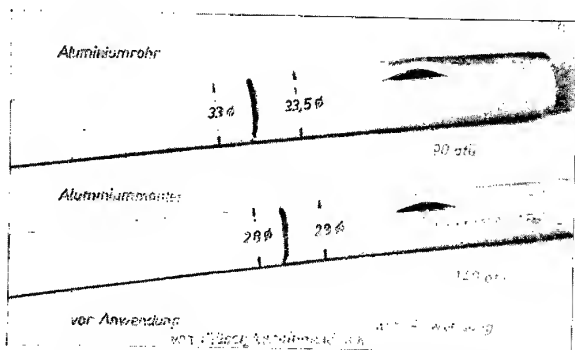


Bild 8 Prüfung eines gepreßten Aluminiumrohres und eines verfestigten Aluminiummantels mit Flüssigkeitsinnendruck

Mit Rücksicht auf eine etwaige Kontaktkorrosion ist einer Berührung des Aluminiummantels mit anderen Metallen erhöhte Beachtung zu schenken. Wo ein metallischer Kontakt aus elektrischen oder mechanischen Gründen unumgänglich ist, empfiehlt es sich, den Kontaktpartner von Aluminium gegebenenfalls mit einem Überzug aus Zinn, besser noch aus Zink oder Cadmium zu versehen, da die Kontaktpotentiale zwischen diesen Metallen und Aluminium infolge ihrer engen Nachbarschaft in der elektrochemischen Spannungsreihe verhält-



Bild 9 Hochspannungskabel mit Aluminiummantel für Betriebsspannungen bis zu 150 kV

links: Gasinnendruckkabel	185 mm ² Cu
	10,5 mm Isolation
	15 atü Stickstoff
Mitte: Gasinnendruckkabel	120 mm ² Cu
	8 mm Isolation
	15 atü Stickstoff
rechts: Oldruckkabel	120 mm ² Cu
	9 mm Isolation
	15 atü Kabelöl

nismäßig gering sind. Auch ist es deshalb angebracht, Erd- und sonstige Verbindungsleitungen aus Kupfer bei unmittelbarem Anschluß an den Aluminiummantel in verzinnter Ausführung zu verwenden. An ihrer Stelle kommen auch Leitungen aus Aluminium in Betracht; nur ist dann natürlich deren Korrosionsgefährdung zu bedenken.

VI. Hoch- und Höchstspannungskabel mit Aluminiummantel

Es wurde bisher gezeigt, daß bei Starkstromkabeln für Nieder- und Mittelspannungen die Ummantelung mit Aluminium Vorteile hinsichtlich der dadurch möglichen Ersparnis an Kabelgewicht und einer verbesserten

mechanischen Festigkeit des Kabelmantels bringt, die in vielen Fällen sogar jede besondere Bewehrung überflüssig macht. Auch wurde auf die Bedeutung des Aluminiummantels für Starkstromkabel in allen den Fällen hingewiesen, in denen das Verhalten eines Bleimantels kritisch ist und sich deshalb der Aluminiummantel in Anbetracht seiner geringen Ermüdungserscheinungen und seiner Erschütterungsunempfindlichkeit geradezu selbst anbietet. Noch mehr aber als bei Starkstromkabeln für niedere und mittlere Spannungen kommen diese Vorzüge des Aluminiummantels bei Kabeln für hohe und höchste Spannungen zum Ausdruck, bei denen der Kabelmantel nicht nur die üblichen Beanspruchungen auszuhalten hat, sondern auch noch einem hohen inneren Druck ausgesetzt ist.

Bei den bekannten Hoch- und Höchstspannungskabeln vom Typ der Gasinnendruck-, Öl- und Oldruckkabel, bei denen die Ionisierung von Gaseinschlüssen in etwaigen Hohlräumen durch Aufrechterhaltung eines hohen Drucks bis zu 20 atü in der bzw. auf die Kabelisolation mittels eines geeigneten Druckmittels (Stickstoffgas, Isolieröl) unterdrückt wird [22], kann man die in Längs- und Querrichtung auf den Bleimantel ausgeübten Kräfte nur in der Weise beherrschen, daß man ihn mit kräftigen, diesen Kräften angemessenen Bandagen umgibt. Der hiermit verbundene material-, gewichts- und kostenmäßig beträchtliche Aufwand läßt sich aber umgehen, wenn man auch hier an Stelle eines Bleimantels einen Aluminiummantel vorsieht, der schon bei verhältnismäßig kleiner Wandstärke nicht nur den Bleimantel, sondern gleichzeitig auch die Bleimantelbandagen vollständig ersetzen kann. Damit werden die bisherigen Konstruktionen der Gasinnen-, Öl- und Oldruckkabel außerordentlich vereinfacht. Sie werden sogar so einfach, daß es lohnend erscheint, in Zukunft diesen bisher nur dem Bereich hoher und höchster Betriebsspannungen vorbehaltenen Kabelkonstruktionen auch den Mittelspannungsbereich zu erschließen, in dem heute fast ausschließlich Massekabel eingesetzt werden [23].

Es wurde festgestellt, daß sich für diesen Verwendungszweck der nach dem Herunterziehverfahren hergestellte verfestigte Aluminiummantel wegen seiner mechanischen Festigkeit und seiner Formhaltigkeit besonders gut eignet, wie sich u. a. sinnfällig durch einen einfachen Versuch nachweisen ließ, bei dem je ein Stück eines Aluminiummantels und eines nicht verformten Aluminiumrohres einer Beanspruchung mit wachsendem Flüssigkeitsinnendruck unterworfen wurde. Der bei seiner Herstellung durch Kaltverformung verfestigte Aluminiummantel veränderte dabei infolge des hohen Wertes der Streckgrenze des Werkstoffs seine Gestalt bis unmittelbar zu dem Druck (~ 140 atü), bei dem er aufplatzte, praktisch nicht (Bild 8). Dagegen hatte sich das nicht verfestigte Aluminiumrohr zwar etwas aufgeweitet, aber noch einen Druck von ~ 90 atü ausgehalten. Diese Drücke entsprachen einer spezifischen Beanspruchung des Aluminiummantels bzw. -rohres von $\sim 10,3$ und $\sim 9,4$ kg/mm². Derartige Beanspruchungen würden sich mit unbandagierten Bleimänteln auch nicht annähernd erreichen lassen.

In Bild 9 sind Ausführungsbeispiele aluminiumummantelter Innendruckkabel zu sehen.

Die abgebildeten Kabel sind zwei unterschiedlich aufgebaute Einleiter-Gasinnendruckkabel und ein Einleiter-Oldruckkabel. Bei den Gasinnendruckkabeln gestattet der zwischen Aluminiummantel und Kabelisolation vorgesehene Zwischenraum, der in dem einen Falle durch schraubenlinienförmig um die mit perforiertem Metallpapier abgeschlossene Isolation gelegte Profildrähte, in dem anderen durch aufgewickeltes Metallgewebeband als Abstandshalter hergestellt ist, einen ungehinderten Gasdurchgang, bei dem Oldruckkabel der Leiterkanal den freien Ölfluß, so daß gasförmiges oder flüssiges Druckmittel auf die Isolation einwirken können. Außer Einleiterkabeln sind auch Mehrleiterkabel mit einem gemein-

samen Aluminiummantel oder mit Einzelmänteln für die einzelnen Kabeladern ausführbar.

Die nur kurze Beschreibung einiger in der Ausführung der Ummantelung neuartiger Hoch- und Höchstspannungskabelkonstruktionen dürfte ebenfalls erkennen lassen, daß sich aus der Verwendung von Aluminium als Kabelmantelwerkstoff zahlreiche Möglichkeiten für die Erzielung weiterer Fortschritte in der Starkstromkabeltechnik bei einem zweckentsprechenden Einsatz von Aluminium eröffnen.

Schrifttum

- [1] v. Göler u. G. A. Greff. Entwicklung der Preßverfahren und Legierungen für Bleikabelmäntel. Metallwirtschaft, Bd. 18, S. 945, 1939.
- [2] A. Czempel u. C. Haase. Zur Frage der Verwendung des Aluminiums als Kabelmantel-Werkstoff. Aluminium, Bd. 21, S. 521, 1939.
- [3] F. Hanff, G. Hosse, W. Deisinger. Aluminium als Baustoff für Kabelmäntel. Siemens, Bd. 8, S. 357, 1939.
- [4] W. Deisinger. Herstellung und Eigenschaften von Aluminiumkabelmänteln. Z. Metallkunde, Bd. 31, S. 305, 1939.
- [5] W. Deisinger. Aluminium als Baustoff für Kabelmäntel. Z. d. VDI, Bd. 84, S. 273, 1940.
- [6] W. Deisinger. Herstellung und Eigenschaften von Aluminiumkabelmänteln. Metallwirtschaft, Bd. 18, S. 963, 1939.
- [7] E. Emmerich u. K. Buß. Über den Einsatz von Aluminium als Werkstoff für Kabelmäntel. ETZ, Bd. 61, S. 1126, 1940.
- [8] W. Müller. Techn. Rundschau, Bern, Bd. 41, S. 19, 1949.
- [9] Aluminium Covered Cables. Cold Pressure Welding. Developed by G. E. C. Electr. Times Bd. 117, S. 150, 1950.
- [10] Aluminium Sheathed Cables. Cold Pressure Welding Method. Electr. Review, S. 250, 1950.
- [11] Cold Pressure Welding of Aluminium Sheaths. Engineering Bd. 169, S. 150, 1950.
- [12] Here's Sound Welding by Cold Process. Power, S. 146, 1950.
- [13] Almagey u. Oriol. DRP 19 466 (1882); vgl. auch Dingers polytechn. J. Bd. 246, S. 484, 1882.
- [14] M. Klein. Kabeltechnik. Springer-Verlag, Berlin, S. 10, 1929.
- [15] Method of Making Electrical Conductors. US-Pat. 1227346 (1917).
- [16] Aluminium Sheathed Power Cable. Engineer, S. 398 u. 422, 1948.
- [17] P. M. Hollingsworth. Cables Sheathed with Aluminium. Development in Great Britain. CIGRE, Nr. 203, 1950.
- [18] H. Peters. Neuartige Kabel für den UKW-Betrieb. VDE-Fachbericht 1949, auch F & G-Rundschau, H. 28, S. 9, 1950.
- [19] E. Foretay. La corrosion des câbles sous plomb. Bull. SEV. Bd. 41, S. 433, 1950.
- [20] E. Emmerich. Fremdstromkorrosion von Aluminium. F & G-Rundschau, H. 27, S. 15, 1940.
- [21] Jointing Aluminium Cable. Perfection of Plumber's Wire Procedure. Electr. Rev. S. 135, 1949.
- [22] Aluminium-Sheathed Cables. Plumbing of Joints Now Possible. Electrician, S. 289, 1949.
- [23] Wiped Joints on Aluminium-Sheathed Electrical Cables. Engineering, S. 93, 1949.
- [24] G. Buß u. H. Heumann. Übersicht über den Stand der Höchstspannungskabeltechnik im In- und Ausland. VDE-Fachbericht 1949, auch Elektrizitätswirtschaft, Bd. 49, S. 5, 1950.
- [25] Aluminium-Sheathed Cable. Development of Impregnated Pressure Type. Electrician, S. 1108, 1950.
- [26] Aluminium Pressure Cable. New B. J. C. C. Development for 33 kV. Electr. Times, Bd. 117, S. 547, 1950.
- [27] Aluminium-Sheathed Cables. 33 kV Impregnated Pressure Type. Electr. Rev., S. 718, 1950.
- [28] Aluminium-Sheathed Impregnated-Pressure Cable. Engineer, S. 486, 1950.

Aussprache

Herr G. Hosse, Berlin-Siemensstadt: An dem Problem, Kabel mit Aluminium zu ummanteln, wird in Deutschland seit mehr als 15 Jahren gearbeitet, und in einschlägigen Fachschriften¹⁾ ist auch mehrfach darüber berichtet worden. Die Vorzüge der Aluminiummäntel gegenüber den Bleimänteln sind vom Vortragenden umfassend dargestellt worden. Unter den bestehenden Arbeitsverfahren, die bei der Lösung der Aufgabe angewendet wurden, kommt dem Umpressen der Kabelseele mit Aluminium — vom Vortragenden als hydraulisches Verfahren nur kurz umrissen — eine besondere Bedeutung zu, so daß es notwendig erscheint, einige Erklärungen abzugeben.

Die ersten Versuche des Umpressens von Kabelseelen wurden im Geradeausverfahren unter Verwendung einer 2300 t-Metallstrangpresse und einem Winkelverfahren unter Zuhilfenahme einer stehenden 2000 t-Viersäulenpresse durchgeführt. Es gelang dabei, nach langwierigen Vorarbeiten unter Verwendung vorgewärmter Aluminiumbolzen Kabelmäntel aufzubringen, zunächst jedoch nur in relativ kurzen Längen, bedingt durch die Art

und Dimensionierung der gegebenen Pressen und Werkzeuge. Die Versuche brachten vor allem wichtige Ergebnisse über die Vorwärmtemperatur der Blöcke und Werkzeuge sowie über die spezifischen Preßdrücke, die wesentlich höher als bei der Herstellung von Bleimänteln lagen.

Als es der Aluminiumindustrie gelang, im doppelt raffinierten sogenannten „Reinst-Aluminium“ einen Werkstoff hohen Reinheitsgrades (99,99 %) im technischen Maßstabe zu produzieren, erhielten die Preßversuche einen starken Auftrieb; erwies sich doch eine viel bessere Formbarkeit dieses Werkstoffes. Das erleichterte die Verarbeitung, erhöhte aber zugleich auch die Biegsamkeit der gepreßten Mäntel.

Nach Gewinnung dieser Erkenntnis konnte dazu übergegangen werden, weitere Umpressungen an einer normalen stehenden Bleikabelpresse durchzuführen; selbstverständlich unter Verwendung kleinerer Stempel und eines besonders geformten Preßblockes. Neben dem festen Einsatz vorgeformter Bolzen wurde auch mit flüssigem Einsatz gearbeitet, im letzten Falle allerdings nicht mit voll befriedigendem Ergebnis wegen temporärer Schwierigkeiten in der Beschaffung geeigneter Stahl-

sorten. Die bei allen Vorarbeiten gesammelten Erfahrungen führten schließlich dazu, eine besonders konstruierte Kabelpresse speziell für Aluminium zu bauen, die weit höhere Drücke als eine normale Bleikabelpresse erzeugen konnte. Mit dieser Presse, die das Krupp-Grusonwerk im Kriege den SSW lieferte, wurden ca. 150 km Starkstrom- und Fernmeldekabel verschiedener Typen bei Mantelstärken von 0,8 bis 1 mm sowie auch Papier-Starkstromkabel mit Aluminium ummantelt. Die Brauchbarkeit der angewandten Methode ist also im Grobmaßstabe erwiesen. Durch die im Jahre 1945 erfolgte Demontage dieser Anlage sind die Arbeiten zur Ver vollkommnung des hydraulischen Verfahrens zeitweilig unterbrochen, im letzten Jahre jedoch wiederaufgenommen worden. Es wird sich zeigen, daß das hydraulische Umpreßverfahren, weil es doch mehr Vorzüge aufzuweisen hat als das Einziehverfahren von Aluminium-Kabelseelen in vorgepreßte Aluminiumrohre, wie es Werner Siemens 1851 bei Bleirohren zur Ummantelung von Kabelseelen erstmalig anwandte, an Bedeutung zunehmen wird.

Einführender: Wenn der Vorredner schon das Thema der Erfindungspriorität anschnitt, was normalerweise bei Fachvorträgen nicht üblich ist, so muß ich die Versammlung bitten, mir dazu ein Wort der Berichtigung zu erlauben. Ich selbst habe schon 1928 bei einem Besuch bei den Vereinigten Aluminiumwerken Aluminiummäntel vorgeschlagen und auch diesbezügliche Versuche mit allerdings damals unzulänglichen Mitteln aufgenommen. Als wir daraufhin mit einer Patentanmeldung kamen, entdeckten wir die schon bestehenden Patente der Vereinigten Aluminiumwerke/Siemens-Schuckertwerke.

Vortragender: Ich begrüße den Diskussionsbeitrag des Herrn Dr. Hosse, mit dem der Diskussionsredner auch auf die Verdienste des Hauses Siemens bei der Entwicklung von aluminiumummantelten Kabeln hingewiesen hat, da ich vielleicht in meinen Ausführungen nicht nachdrücklich genug zum Ausdruck gebracht habe, daß die Entwicklung aluminiumummantelter Kabel in Deutschland unter Beteiligung der maßgeblichen Kabelfirmen ihren Ausgang gehabt hat. Bekanntlich hat sich das Ausland erst sehr viel später dem Aluminiummantel zugewandt.

Herr H. Müller, Berlin-Nikolassee: Ich möchte noch auf ein in Amerika verwendetes Herstellungsverfahren für Aluminiummäntel hinweisen, das darin besteht, einen kurzen Aluminiumrohblock durch Herunterwalzen und anschließendes Herunterziehen zum Anliegen an die Kabelseele zu bringen. Im übrigen ist zu bemerken, daß

1) Schrifttum s. S. 58.

eine Reihe von Tricks nötig ist, um Überhitzung der Kabellese beim hydraulischen Preßverfahren zu vermeiden.

Herr H. F. Schwenkhagen, Wuppertal: Den günstigen Eigenschaften des Aluminiums im Vergleich zu Blei steht wohl als Hauptnachteil seine Stellung in der elektrischen Spannungsreihe gegenüber. Aluminiummäntel sind in allen basischen Böden schon durch chemischen Angriff des Bodens stark gefährdet. Aus diesem Grunde ist z. B. im Blitzableiterbau die Verwendung von Aluminium für Erdleitungen im Boden verboten. Bei zufälliger Berührung mit anderen Metallen wirkt Aluminium als kathodischer Schutz für diese Metalle, wird dabei aber selbst schnell zerstört. Der Isolation der Mäntel durch Schutzbinden oder Deckschichten muß deshalb besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Herr K. H. Hahne, Osnabrück: Es ist technologisch durchaus möglich, nach dem von dem Vortragenden „Aufziehverfahren“ genannten Prinzip Aluminiummäntel von wenigen Zehntelmillimeter Wandstärke herzustellen, da man während der Fertigung nicht an die Verwendung von Trommeln mit kleinem Durchmesser gebunden ist. Wenn man sich nun auf Verformungsgrade des Mantels bis zu 8%, wie auch vom Vortragenden angegeben, beschränkt, kann man selbst bei Schwachstromkabeln bis zu etwa 20 mm Durchmesser durchaus die VDE-mäßigen Biegebeanspruchungen gewährleisten. Bei größeren Durchmessern aber bietet die vom Vortragenden erwähnte Form des Korrosionsschutzes durch einen geschlossenen Kunststoffmantel die Möglichkeit, die Biegebeanspruchung zum Teil durch diesen tragen zu lassen. Man nähert sich damit der Lösung des von Herrn Professor Dr. Vogel einführend erwähnten Problems, Kabel, wenn nicht ganz metalllos, was wegen der nicht völligen Feuchtigkeitsundurchlässigkeit der Kunststoffe nicht möglich ist, so doch weitestgehend metallarm zu ummanteln.

Das Aufziehverfahren ist, auch ohne große Hallenbauten, technologisch so durchentwickelt, daß es wirtschaftlich

schafflich durchaus mit dem direkten Aufpressen des Aluminiummantels wettbewerbsfähig ist.

Herr P. Hochhäusler, Honnef: Ich möchte den Vortragenden fragen, ob es nicht das Nächstliegende ist, den Aluminiummantel, ähnlich wie bei dem Rapidrohrdraht, zu rillen, um mit dünnerer Wandstärke bei gleich guter Biegemöglichkeit auszukommen.

Vortragender: Es ist früher schon versucht worden, Aluminiummäntel zu rillen und dadurch die Biegebarkeit aluminiumummantelter Kabel zu verbessern. Dem Vorteil der erhöhten Biegebarkeit bei gegebenenfalls noch herabgesetzter Wanddicke des Aluminiummantels bei Starkstromkabeln stehen aber gewisse Nachteile entgegen. Einmal hatte man festgestellt, daß gerillte Mäntel infolge der beim Rillen eintretenden Materialverfestigung leichter zu Brüchen neigen. Andererseits ist eine stärkere Rillung deshalb unerwünscht, weil das Kabeltränkmittel bei Betriebserwärmung von Starkstromkabeln mit gerilltem Aluminiummantel aus der Isolation in den Zwischenraum zwischen Mantel und Isolation austreten kann, was eine allmähliche Verschlechterung der isolierenden Eigenschaften der Kabelisolation durch Masseverarmung zur Folge hat.

Schlußbemerkung des Vortragenden: Wie meine Ausführungen und die Diskussionsbeiträge gezeigt haben dürften, liegen mehrere Verfahren zur Herstellung aluminiumummantelter Kabel miteinander im Rennen. Mir scheint es nicht so wichtig zu sein, welches Verfahren endgültig zur Anwendung gelangen wird. Vielmehr erscheint es mir wichtig, daß nunmehr Aluminiummantelkabel in größerem Umfange in die Praxis Eingang finden, um die langjährigen Betriebserfahrungen gewinnen zu können, die zu einer endgültigen Beurteilung des Verhaltens von Kabeln mit Aluminiummantel im praktischen Einsatz erforderlich sind.

Schrifttum

- [1] Siemens-Zeitschrift, Bd. 19, S. 357, 1939.
- [2] Zeitschrift für Metallkunde, Bd. 31, S. 305, 1939.
- [3] Metallwirtschaft, Bd. 18, H. 48, 1939.
- [4] VDI-Zeitschrift, Bd. 84, S. 273, 1940.

Über einen neuen bleilosen Kabelmantel

Von K. Andresen und H. Brandes

Grundgedanken der Entwicklung

Vor und während des Krieges ist in intensiver Arbeit versucht worden, das Blei für Kabelmäntel durch andere Stoffe zu ersetzen. Es sind während dieser Zeit sehr viele recht interessante Lösungen entstanden, die jedoch fast alle nach Überwindung der Bleiknappheit wieder verschwunden sind. Zwei wichtige Erkenntnisse jedoch haben diese Arbeiten gebracht:

1. Alle, auch die besten Kunststoffe, sind mehr oder weniger wasserdampfdurchlässig. Deshalb ist der Kunststoffmantel beliebiger Konstruktion so lange von fragwürdigem Wert, als für die Isolierung der Kabel die bewährten billigen, aber hygroskopischen Isolierstoffe verwendet werden.

2. Die Anforderungen, die an einen Kabelmantel gestellt werden, sind derart vielfältig, daß es nicht möglich ist, allen Ansprüchen durch einen einzigen Werkstoff gerecht zu werden.

In erstaunlichem Maße vereinigt jedoch das Blei viele der für einen Kabelmantel erforderlichen Eigenschaften. Nur so ist es zu erklären, daß 50 Jahre lang dieser Werkstoff in der Kabelindustrie nicht ersetzt werden konnte. Der Bleimantel kann bei tragbaren Temperaturen und Drucken auf das Kabel aufgepreßt werden und bleibt auch bei den üblichen Verlege- und Betriebstemperaturen ausreichend biegsam. Als Hülle des fertigen Kabels hat

das Blei also Eigenschaften, die an die plastischen Massen erinnern, während es andererseits die Wasserundurchlässigkeit der Metalle aufweist. Der Mantel läßt sich gut löten und sehr einfach vom Kabel entfernen. Ferner ist das Blei korrosionsbeständig gegen sehr viele aggressive Medien des Erdbodens.

Diesen vielen positiven Eigenschaften steht jedoch auch eine Reihe von Mängeln gegenüber, die letzten Endes der Grund dafür sind, daß nicht nur während der Kriegszeit, sondern schon lange vorher, nach einem besseren Kabelmantel gesucht wurde. Der Bleimantel ist sehr empfindlich gegen Druck und Schlag, er neigt stark zu interkristalliner Brüchigkeit und besitzt eine äußerst geringe Dauerstandfestigkeit. Sein hohes Gewicht ist störend und unerwünscht bei der Handhabung, und der Preis des Endproduktes liegt entsprechend hoch.

Die für die Biegefähigkeit erwünschten plastischen Eigenschaften wirken sich bei geringen inneren Drucken, beispielsweise bei Kabeln höherer Spannung, sehr ungünstig aus. Es ergibt sich hier der seltsame Widerspruch, daß man von einem Werkstoff verlangt, daß er in einer Richtung plastisch verformbar, in der anderen jedoch starr sein soll. Diese beiden Forderungen können im Grunde genommen nicht durch einen Werkstoff allein, sondern durch zusätzliche konstruktive Maßnahmen erfüllt werden.

Die seit 20 Jahren laufenden Bemühungen zur Herstellung eines Aluminiummantels zeigen deutlich, wie schwierig es ist, die vielfältigen Anforderungen, die an einen Kabelmantel gestellt werden, durch einen anderen Werkstoff zu erfüllen.

Bei dem neu geschaffenen Stahlwellmantelkabel wird den vielen Anforderungen durch verschiedene Maßnahmen stofflicher, verfahrenstechnischer und konstruktiver Art begegnet:

1. Der Werkstoff Stahl hat eine sehr hohe Dauerstandfestigkeit, kann beträchtliche innere Drucke aufnehmen und neigt nicht zu interkristalliner Korrosion.

2. Das völlig neuartige Herstellungsverfahren vermeidet die plastische Verformung, die hohe Drucke und Temperaturen erfordert.

3. Die konstruktive Maßnahme der Wellung verleiht dem Mantel eine beliebige Biegefähigkeit, sowie eine außerordentliche Schlag- und Druckfestigkeit.

4. Die Kombination des richtig gewählten Werkstoffes mit der zweckentsprechenden Konstruktion macht es möglich, mit sehr geringen Metallgewichten auszukommen. Der Mantel wird deshalb nicht nur sehr leicht, sondern auch sehr billig.

Herstellung

Das Prinzip der Herstellung des Wellmantels¹⁾ läßt sich mit wenigen Worten an Hand des Bildes 1 erläutern:

Das endlose Stahlband (1) von etwa 0,25—0,5 mm Stärke legt sich in einer Formungseinrichtung (2) um ein Rohr (3) und zwar derart, daß sich die Bandränder etwas überlappen. Das so hergestellte Rohr wird zwischen der Rolle (4) und dem Rohr widerstandselektrisch geschweißt. Die Kabelseele (5) läuft in das Rohr ein. Hinter dem Schweißpunkt haben wir somit ein Stahlrohr, das noch völlig unbiegsam ist. Durch die Vorrichtung (6) wird das Stahlrohr gewellt und beliebig biegsam gemacht. Gleichzeitig wird durch diesen Vorgang der vorher locker über der Kabelseele liegende Mantel fest auf die Seele aufgesetzt. Das Bild 2 zeigt den so hergestellten Stahlwellmantel.

Der Schweißvorgang ist entscheidend für die Güte und Dichtigkeit des Mantels. Es ist in der Vergangenheit schon verschiedentlich versucht worden, geschweißte Kabelmäntel herzustellen. Diese Versuche sind letzten Endes immer daran gescheitert, daß es nicht gelang, sehr lange Nähte zuverlässig zu schweißen. Bei dem neuen Verfahren gelingt das u. a. deshalb so gut, weil sich beide Elektroden und das zu schweißende Material während des Schweißvorganges mit derselben Geschwindigkeit bewegen, d. h. es tritt keine relative Bewegung der drei Teile gegeneinander auf. Bei gleitenden Kontakten ist es sehr schwierig, die Konstanz der Übergangswiderstände zu erreichen, die bei den hohen Schweißströmen unerlässlich ist. Bei ruhenden Kontakten kehrt der Schweißstrom völlig regelmäßig wieder, wie Oszillogramme bewiesen haben. Bei der Schweißung des Mantels entspricht jede Halbwelle einem Schweißpunkt. Damit nun eine Naht entsteht, die auch bei mechanischen Beanspruchungen nicht stellenweise undicht wird, müssen sich die einzelnen Schweißpunkte überlappen.

Bereits bei der Wellung wird die Schweißnaht der ersten harten Prüfung unterzogen, da sie bei mangelhafter Schweißung infolge der Stauchbeanspruchung aufplatzen würde. Bei unseren Schweißversuchen wurde grundsätzlich die Forderung aufgestellt, daß die Schweißnaht so beschaffen sein muß, daß bei übermäßiger Beanspruchung stets zuerst der Mantel und nicht die Schweißnaht oder die ihr benachbarten Zonen in Mitleidenschaft gezogen werden. Diese Bedingung erfüllt heute jeder Wellmantel.

Sehr wesentlich für die Güte der Schweißnaht ist selbstverständlich auch eine gleichmäßige Bandqualität, die von leistungsfähigen Walzwerken jedoch heute ohne weiteres geliefert werden kann. Verwendet wird ein handelsüblicher Tiefziehbandstahl. Es sei jedoch bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß das Verfahren keineswegs auf dieses Material beschränkt ist. Nichtrostende und unmagnetische Cu-Ni-Legierungen und V2A-Stahl sind bereits für Sonderzwecke verarbeitet worden. Auf diese Materialien komme ich noch später zurück.

Der kalt gewalzte Bandstahl wird in Längen von 200 bis 300 m von den Walzwerken geliefert. Die Bänder werden

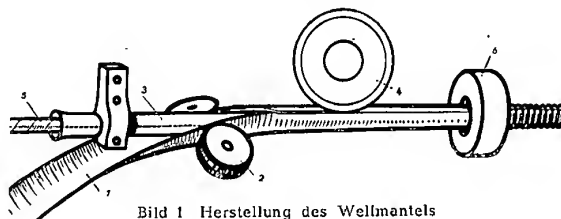


Bild 1 Herstellung des Wellmantels

quer aneinander geschweißt, so daß auch die Stahlwellmäntel in beliebigen Längen hergestellt werden können.

Die Kabelseele wird thermisch wesentlich weniger beansprucht als beim Bleipressen, da das als Innenelektrode dienende Rohr die Schweißwärme außerordentlich gut ableitet und auf die gesamte Länge des Rohres verteilt. Die Wärme kann an beliebigen Stellen beiderseits der Schweißstelle wieder abgeführt werden. Die auf der Seelenoberfläche auftretenden Temperaturen liegen so niedrig, daß trotz der über 1000° C liegenden Schweißtemperatur selbst eine ungeschützte Styroflexseele ummantelt werden kann. Beim Stillstand der Maschine wird selbsttätig die Schweißung unterbrochen, so daß dann die Temperaturbeanspruchung der Seele vollständig wegfällt. Im Gegensatz dazu ist bei Metallpressen die Kabelseele, insbesondere beim Halten, stets der hohen Temperatur des Pressenkopfes ausgesetzt.

Biegsame technische Schläuche kurzer Länge werden durchweg mit Innen- und Außenwerkzeugen gewellt. Bei dem endlosen Wellmantel, der die Kabelseele schon enthält, können nur außen angreifende Werkzeuge angesetzt werden. Die Verformung erfolgt so, daß das für das Wellental zusätzlich benötigte Material im wesentlichen nachgezogen wird. Berg, Flanke und Tal des fertig gewellten Mantels haben dann überall die gleiche Wandstärke.



Bild 2 Wellmantelkabel

¹⁾ Das Verfahren wurde in Zusammenarbeit mit der Metallschlauchfabrik Pforzheim, vorm. Hch. Witzemann, G.m.b.H., entwickelt.

Mechanische Eigenschaften

Der fertige Mantel kann in allen Fällen mit Druckluft auf Dichtigkeit geprüft werden, auch beispielsweise bei Starkstromkabeln, bei denen das bislang nicht möglich war.

Die Biegefähigkeit des Mantels ist außer von der Stärke des Stahlbandes von der Wellentiefe und der Wellensteigung abhängig. Da nun drei Veränderliche zur Verfügung stehen, hat man es in der Hand, jede beliebige Biegsamkeit zu erreichen, ohne daß der Außendurchmesser der Wellmantelkabel nennenswert über den entsprechenden Bleikabeldurchmessern liegt.

Es hat jedoch bei Kabeln keinen Sinn, den Mantel zu flexibel zu gestalten, da die Kabelseele bei starken Biegungen beschädigt wird. Wir haben es jedoch für richtig gehalten, die Wellung so zu dimensionieren, daß der Stahlwellmantel wesentlich mehr Biegungen aushalten kann als der Bleimantel. Das Bild 3 zeigt die beiden Mäntel nach

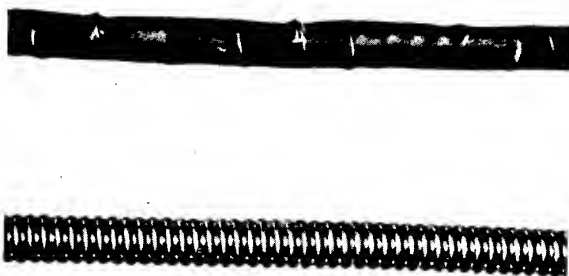


Bild 3 Biegeprüfungen an Kabelmänteln (6 Biegungen)

einer doppelten VDE-mäßigen Biegeprüfung. Der Bleimantel weist erhebliche Faltenbildung auf, während der Wellmantel noch völlig unverändert ist. Selbst um den eigenen Durchmesser kann der Stahlmantel 10...12mal gebogen werden, während VDE-mäßige Biegungen mit Wellmantelkabeln ohne Beschädigungen 50...60mal ausgeführt werden.

Die Innendurchmesser werden durch ein Innenkaliber und das Wellwerkzeug mit außerordentlicher Präzision eingehalten. Die elektrischen Eigenschaften von Fernsprechkabeln beispielsweise können also durch den Manteldruck fein eingestellt werden. Sie verändern sich auch nicht durch Biegungs- und Verlegebeanspruchungen. Während nämlich der Bleimantel, wie jedes glatte Rohr, bei stärkeren Biegungen dazu neigt, einzuknicken oder oval zu werden, behält der Stahlwellmantel seinen kreisförmigen Querschnitt bei beliebigen Biegeradien. Es wird also auf die Kabelseele kein zusätzlicher Druck ausgeübt, was sich besonders günstig bei nachgiebigen Seelen auswirkt.

Die Gestalt des Mantels verleiht diesem eine ungewöhnliche Festigkeit gegen Außendruck. Auf der diesjährigen Messe wurde gezeigt, daß ein leerer Mantel von 25 mm Durchmesser ohne die geringste Querschnittsänderung einem Druck von 250 kg standhält. Den entsprechenden Bleimantel kann man zwischen den Fingern eindrücken. Es ist anzunehmen, daß diese Druckfestigkeit mit den elastischen Eigenschaften des Mantels sich auch bei Dehnungskabeln bewähren wird, denn im Stahlwellmantel hat die Seele erstmalig die Möglichkeit, sich unabhängig vom Mantel zu bewegen. Seekabel konnten bisher nur mit kostspieligen Hilfsmitteln druckfest gemacht werden. Der Wellmantel ist auch diesen Ansprüchen ohne weiteres gewachsen.

Ein zusätzlicher Druckschutz durch Bandseile wie bei Bleikabeln ist also bei einem Wellmantelkabel nicht erforderlich. Lediglich bei auf Zug beanspruchten Kabeln muß eine Drahtarmierung vorgesehen werden.

Der Festigkeit des Stahles entsprechend hält der Mantel auch hohen Innendruck stand. Ein Mantel von 30 mm Durchmesser beispielsweise wird erst bei einem Innendruck von 50 atü bleibende Veränderungen erfahren. Das bei Blei so unangenehme Kriechen tritt bei Stahl bekanntlich nicht auf. Man kann also Wellmantelkabel nach Fertigstellung mit hohem Innendruck auf Dichtigkeit prüfen; man kann ohne zusätzliche Hilfsmittel Fernkabel aus Sicherheitsgründen unter Druck halten oder Hochspannungskabel mit hohem Öl- oder Gasdruck ohne kostspielige Bandagen betreiben.

Daß Stahl keine interkristalline Brüchigkeit zeigt, ist zur Genüge bekannt. Damit ist das Problem der Luft-, Bahn- und Brückenkabel endgültig gelöst.

Der Stahlwellmantel wiegt nur ein Viertel bis ein Fünftel des Bleimantels. Je nach dem Kabeltyp ermäßigt sich damit das Gesamtkabelgewicht um 20—25 %. Die Vorteile liegen auf der Hand: bequeme Handhabung, geringe Transportkosten, leichte Armierung bei selbsttragenden Kabeln usw.

Einsatz und betriebliche Eigenarten

Die in die Maschine einlaufende Kabelseele hat keinerlei Einfluß auf die Mantelherstellung. Der neue Mantel ist also für jedes beliebige Kabel verwendbar.

Die über der Seele liegenden luftgefüllten Hohlräume sind bei Fernsprechkabeln und bei Starkstromkabeln bis zu 6 kV ohne jede Bedeutung. Das ist auch der Bereich, für den die Mäntel z. Z. eingesetzt werden.

Werden Starkstrom- oder Hochspannungskabel durch die betriebsmäßige Belastung erwärmt, so dehnt sich die Tränkmasse aus und weitet den nachgiebigen Bleimantel auf. Bei der Abkühlung bilden sich Hohlräume, in denen Entladungen stattfinden, die sich bei Hochspannungskabeln schon recht unangenehm ausgewirkt haben. Ganz besonders gefährlich ist diese Erscheinung bei Höchstspannungskabeln, die noch unter zusätzlichem inneren Überdruck stehen. Beim Stahlwellmantelkabel kann eine Aufweitung des Mantels nicht auftreten, da Stahl nicht fließt. Es muß nur Vorsorge getroffen werden, daß bei höheren Spannungen die durch die Wellung bedingten Hohlräume außerhalb des elektrischen Feldes liegen. Die einwandfreie elektrische Abschirmung ist sehr einfach durch ein metallisiertes Papier oder eine Folie zu erreichen. Gegen die Masseabwanderung müssen besondere Maßnahmen ergriffen werden, die sich in den Grundzügen abzeichnen. Bei hohen Spannungen kann der in den Wellen liegende Hohlraum mit Drucköl oder Druckgas gefüllt werden. Entsprechende Versuche sind im Gange.

Für Kabel über 15 kV haben sich allgemein Drei-Einleiterkabel, für die höchsten Spannungen Einleiterkabel eingeführt. Die Mäntel müssen in diesen Fällen aus unmagnetischem Material bestehen, da sonst starke zusätzliche Verluste auftreten. Hier sind die bereits oben erwähnten unmagnetischen und gleichzeitig nicht rostenden Materialien wie V2A und Cu-Ni-Legierungen am Platze.

Bei allen normalen Fernsprechkabeln, die mit Frequenzen bis zu etwa 15 kHz betrieben werden, verändern sich die Betriebseigenschaften nicht, wenn der Bleimantel durch einen Wellmantel ersetzt wird. Bei höheren Frequenzen, wie sie bei Trägerfrequenzkabeln benutzt werden, war zu erwarten, daß das magnetische Mantelmateriale die Übertragungseigenschaften beeinflussen würde. Die Befürchtungen, daß sich die Kopplungen ändern, haben sich bis zu 500 kHz glücklicherweise nicht bestätigt. Das frequenzabhängige Verhalten der Kopplungen bleibt unverändert, so daß der punktförmige Abgleich wie bei Bleikabeln erfolgen kann. Die durch die Wellung hervorgerufenen Hohlräume bringen es mit sich, daß die Kapazität der Außenlage niedriger ausfällt als die der Innenlage, d. h. die Wellenwiderstände werden ungleich. Ferner ergibt sich eine geringe Erhöhung der Dämpfung,

die etwa bis zu 10 % geht. Diese beiden Erscheinungen lassen sich völlig beseitigen, wenn über der Kabelseele eine Kupferfolie vorgesehen wird. Das Bild 4 zeigt, daß dann bei hohen Frequenzen die Dämpfung sogar noch etwas niedriger liegt als beim Bleimantel. Auch die ursprünglich etwas verschiedenen Wellenwiderstände der beiden Lagen sind vollständig gleich.

Der beim Stahlwellmantelkabel geringe Metallaufwand über der Seele hat zur Folge, daß der Kabelschutzfaktor ungünstiger ist als beim normalen Bleikabel. Insbesondere ist die Längsleitfähigkeit des 0,3 mm starken Mantels kleiner als beim Bleimantel. Sie wird durch Parallelschalten eines geringen Kupferquerschnittes zum Wellmantel erhöht. Mit dieser wirtschaftlich günstigen Lösung gelingt es, einen Kabelschutzfaktor zu erreichen, der dem des Bleikabels gleichkommt, wie Bild 5 für drei verschiedene Kabeltypen zeigt.

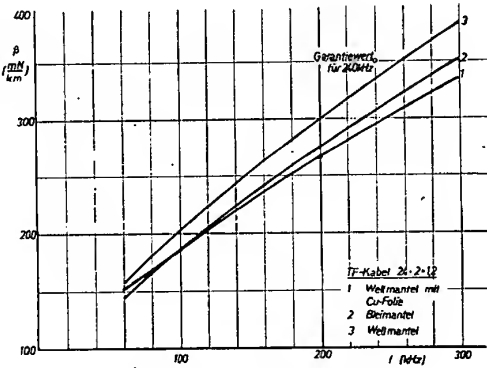


Bild 4 Dämpfung von Trägerfrequenz-Kabeln

Die preisliche Überlegenheit des Wellmantelkabels bleibt trotz des zusätzlichen Kupferaufwandes gewahrt. Den jeweiligen Rohstoffpreisen entsprechend, beträgt heute der Metallwert des Mantels je 1000 m

	DM	DM
Beim Bleikabel	1250,—	bis 2300,—
beim Wellmantelkabel	260,—	bis 300,—
beim Wellmantelkabel mit parallel geschaltetem Kupfer	360,—	bis 580,—

Auch für sehr hohe Frequenzen, die mit koaxialen Kabeln übertragen werden, ist der Wellmantel mit großem Vorteil in einer zweckentsprechenden Abwandlung einsetzbar. Innerhalb der selbsttragenden Konstruktion hat die Isolation nur noch die Aufgabe, den Innenleiter zu tragen und im Abstand zu halten; sie kann also sehr leicht ausgeführt werden. Bild 6 zeigt ein Hochfrequenzkabel, dessen biegsam gehaltener Innenleiter durch eine Abstandskordel aus Polyäthylen gehalten wird. Der Mantel ist auf der Innenseite mit Kupfer plattiert. Diese Kupferplattierung ergibt einen idealen Rückleiter, der vollständig geschlossen ist und bei Biegungen keinen Veränderungen unterliegt. Die Wellen stören bei den gebräuchlichen Frequenzen nicht; erst in der Größenordnung der Zentimeterwellen werden sie sich unliebsam bemerkbar machen.

Die Schweißung des kupferplattierten Materials ist bei sehr sorgfältiger Fertigung bereits mit normaler Nahtschweißung bei Netzfrequenz möglich, gestaltet sich jedoch wesentlich gleichmäßiger und zuverlässiger bei Gittersteuerung mit Kurvenanschnitt.

Korrosionsschutz

Nach dieser Schilderung der Eigenschaften des Stahlwellmantels bleibt als einzige Frage wohl nur noch die nach dem Korrosionsverhalten offen. Es ist bekannt, daß Stahl gegenüber sehr vielen korrodierenden Medien anfälliger ist als Blei. Das gilt sowohl für die Atmosphäre als auch für den Erdboden. Andererseits wird seine

Anfälligkeit häufig überschätzt. Es gibt sehr viele Fälle, bei denen mangelhaft geschütztes Eisen nach jahrzehntelanger Lagerung im Erdboden erstaunlich gut erhalten blieb. Wenn das Eisen so wenig haltbar wäre, wie vielfach behauptet wird, könnten nicht die unendlichen Längen von Wasser- und Gasrohren, die im Erdboden

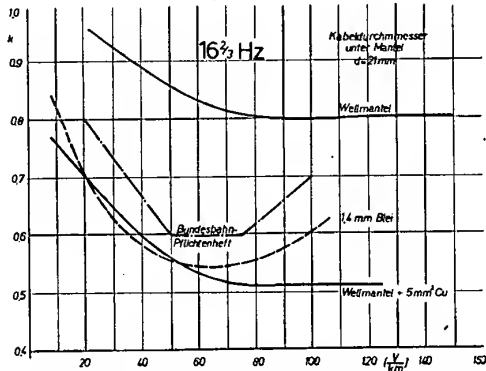


Bild 5 Mantelschutzfaktor bei Bewehrung mit Spezial-Eisenbändern 30x0,5 mm

liegen, seit Jahrzehnten betrieben und erhalten werden. Dabei ist es erheblich schwieriger, derartige Rohre zuverlässig gegen Korrosion zu schützen als einen Kabelmantel, da die Korrosionsschutzschicht eines Rohres während des Transportes und der Montage viel leichter beschädigt werden kann als dies bei Kabeln der Fall ist. Die Statistik zeigt, daß weitaus die meisten Rohrfehler auf beschädigten Korrosionsschutz zurückzuführen sind.

Erste Versuche haben gezeigt, daß bereits der übliche Bitumenschutz Stahlwellmäntel sehr gut gegen Erdbodenangriffe schützen kann. Nach 10 Jahren konnte

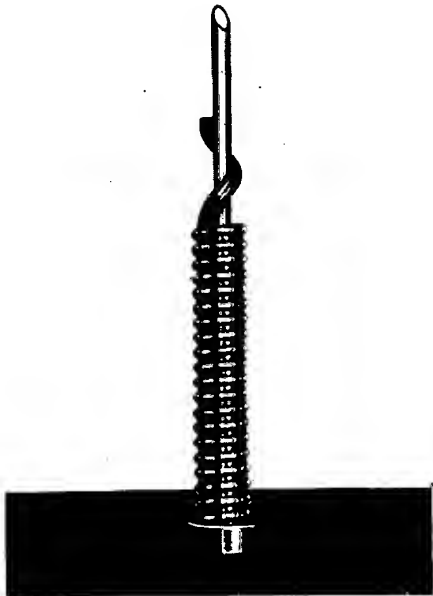


Bild 6 HF-Kabel mit Wellmantel

noch kein Angriff festgestellt werden. Das hat uns nicht so sehr überrascht, da man den innenliegenden zusammenhängenden Stahlmantel wesentlich wirksamer schützen kann als die außen liegenden gegeneinander bewegten Bandeisenschichten eines Bleikabels. Mit Rücksicht auf die ausgesprochen aggressiven Böden wurde jedoch trotzdem für den Stahlwellmantel ein neuer Korrosionsschutz entwickelt.

Bekanntlich können im Erdboden, je nach seiner Zusammensetzung, verschieden reagierende Medien auftreten. Eisen neigt in Gegenwart von sauren Elektrolyten stark zur Zersetzung, während es sich gegen basische Lösungen im allgemeinen recht beständig erweist. Auch die Oxydationsprodukte des Eisens selbst

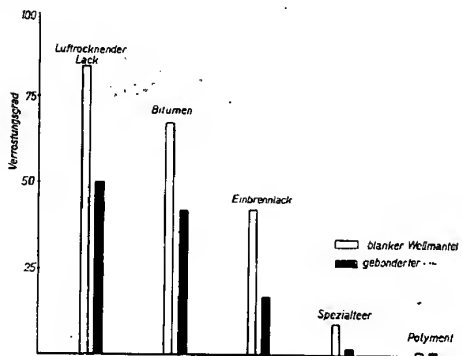


Bild 7 Korrosionsprüfung von Wellmantelkabeln mit Schutzschichten im Salzwasser-Sprüngerät

boten keinen ausreichenden Schutz gegenüber allen korrodierenden Einflüssen, und es bleibt nur die eine wirklich sichere Möglichkeit, den Stahlmantel mit einem hochwertigen Überzug zu versehen, der die aggressive Bodenfeuchte abhält.

Einen Ausschnitt aus den umfangreichen Korrosionsversuchen zeigt das Bild 7. Für verschiedene Überzüge ist der Verrostungsgrad nach 48 Stunden Salzsprühnebel aufgetragen. Bereits ein Einbrennlack verhält sich besser als ein Bitumenüberzug, noch wesentlich besser jedoch der Sonderteer.

Das Bild 7 zeigt außerdem noch eine andere sehr wesentliche Tatsache: die Schutzwirkung eines Überzuges läßt sich außerordentlich steigern durch eine Vorbehandlung des Mantels, die die Haftfestigkeit der Schutzschichten verbessert. In Zusammenarbeit mit der Metallgesellschaft in Frankfurt wurde ein Sonderverfahren entwickelt, das eigens auf den vorliegenden Zweck zugeschnitten ist. Im Durchzugverfahren wird eine sehr dünne Phosphatschicht aufgebracht, die fest auf der Oberfläche verankert ist und das Überzugsmaterial aufsaugt. Das Bild 7 zeigt, daß schon allein diese Maßnahme bei ganz beliebigen Schutzüberzügen im Mittel eine Verdoppelung der Lebensdauer mit sich bringt.

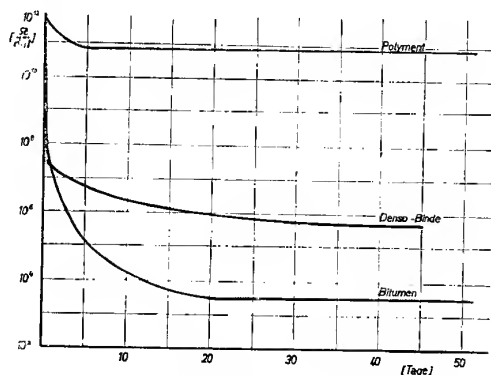


Bild 8 Isolationswiderstand von Korrosionsschutzmassen

Es ist bekannt, daß man mit hochwertigen Kunststoffen einen absoluten Korrosionsschutz erreichen kann. Leider sind die in Frage kommenden Kunststoffe für diesen Zweck zu teuer. Wir haben daher mit Erfolg versucht, die guten Eigenschaften von Kunststoffen und Teerprodukten zu kombinieren. Teere haften besser als Bitumina, sind fast wasserundurchlässig und wesentlich

weniger anfällig gegen Mikroorganismen. Sie sind also für den vorliegenden Zweck besser geeignet als Bitumina. Wenn die Teere in der Vergangenheit durch das Bitumen verdrängt wurden, so lag der Grund im Phenolgehalt und in dem zu kleinen plastischen Bereich. Beide Mängel sind aber heute beseitigt.

Mit dem Sonderteer als Basis wurde ein Spezialprodukt „Polymert“ geschaffen, das nun einen außerordentlich guten Schutz gegen jegliche Korrosion bietet. Das Bild 7 zeigt, daß bei Polymert, das an sich schon eine sehr gute Haftfähigkeit hat, weder die gebonderten noch die ungebonderten Proben angegriffen werden, trotzdem bei diesem Überzug die Sprühzeit auf das 15fache verlängert wurde. Bei unbeschädigten Polymertschichten ist es bislang überhaupt nicht gelungen, eine Korrosion zu erzielen.

Als weiteres Beispiel der Eigenschaften des neuen Korrosionsschuttmittels zeigt das Bild 8 den Isolationswiderstand von Schutzschichten der herkömmlichen Bauart im Vergleich mit einer Polymertschicht bei längerer Wasserlagerung. Der Isolationswiderstand von Bitumenschuttschichten fällt in sehr kurzer Zeit um 6 Zehnerpotenzen, so daß der anfangs recht hoch liegende Ausgangswert praktisch nicht zur Geltung kommt. Das Polymert jedoch nimmt kaum Feuchtigkeit auf und verändert dementsprechend seinen Isolationswiderstand

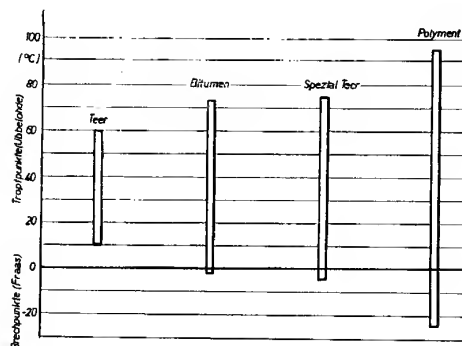


Bild 9 Plastisches Temperatur-Intervall von Korrosionsschutzmassen

bei beliebig langer Wässerung auch nur ganz unwesentlich. Es wird einleuchten, daß ein Überzug mit einem derart hohen Isolationswiderstand auch einen idealen Schutz gegen elektrolytische Korrosion darstellt. Die Vermutung liegt nahe, daß sich dieser neuartige Schutz auch für Wasserrohre und Bleikabel durchsetzen wird.

Im Bild 9 ist der plastische Bereich für Teer, Bitumen, Sonderteer und Polymert aufgetragen. Das neue Material übertrifft alle übrigen.

Der Polymertpreis liegt kaum über dem für Bitumen, da die teuren, veredelnden Bestandteile in nur geringen Mengen beigelegt werden. Auf die Dauer gesehen, dürfte die Rentabilität des Polymert ohnehin gesichert sein, da kein anderes Korrosionsschuttmittel ähnlich preisgünstig auch nur annähernd seine vielfältigen Vorzüge aufweist.

Montage

Das geringe Gewicht des Wellmantelkabels erweist sich als besonders vorteilhaft bei Transporten, auf Baustellen, Lagerplätzen usw. Zusammen mit der guten Biegefähigkeit bringt es eine wesentliche Erleichterung der Verlegung mit sich. Die Zahl der benötigten Kräfte ermäßigt sich erheblich, bei Fernsprechkabeln bis auf die Hälfte.

Das Absetzen des Mantels ist naturgemäß nicht mehr mit einem Kabelmesser möglich wie bei Blei. Es wurden hierfür die im Bild 10 gezeigten Werkzeuge entwickelt. Das Schneidwerkzeug wird so angesetzt, daß das Messer auf dem Wellenberg schneidet, die Seele

somit nicht beschädigt werden kann. Da die Wellung schraubenförmig ist, muß diese Schraube an einer Stelle mit Hilfe einer Schere durchgeschnitten werden, wonach sich das abgetrennte Mantelstück ohne weiteres abziehen läßt. Bei Abzweigmuffen am angeschnittenen Kabel werden in entsprechenden Abständen zwei Ringschnitte geführt, zwischen denen die Naht aufgerollt wird; das so aufgeschnittene Mantelstück kann mit einer Zange geöffnet werden, bis es sich bequem über das Kabel schieben läßt.

Da der Polymerüberzug in der Bonderschicht sehr gut verankert ist, muß die Eisenfläche an den Lötstellen besonders gesäubert werden, und zwar mit einer Stahlbürste oder Schmirgelleinen. Beim Löten, wie bei jeder

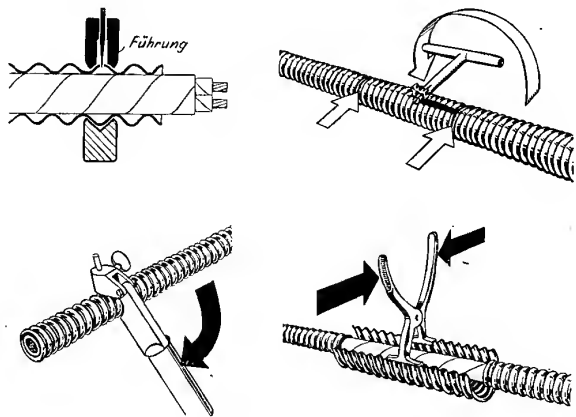


Bild 10 Montagewerkzeuge für Wellmantelkabel

Wärmeeinwirkung, bildet sich auf Eisen sehr schnell eine hauchdünne Oxydschicht, die den Lötvorgang behindert. Die Oberfläche oxydiert nicht, wenn das Flußmittel und sehr fein verteiltes Zinnpulver in einer Paste vereinigt werden. Die Paste wird mit dem Pinsel aufgetragen und, wie üblich, mit der Lötflamme erwärmt. Unter dem Schutz des den Mantel reinigenden Flußmittels kommt das flüssige Zinn mit der Eisenoberfläche in Berührung und legiert sich mit dem Eisen. Ist erst die Oberfläche einwandfrei mit einer Zinnschicht überzogen, so geht die weitere Lötung genau so zuverlässig wie beim Blei vonstatten.

Da der gewellte Stahlmantel nicht druckempfindlich ist, erhalten Wellmantelkabel nicht mehr die bei Bleikabeln unerläßliche doppelte Bandeisensbewehrung. Lediglich über den Korrosionsschutzschichten wird eine einzige offene Bandeisensspirale aufgebracht, die eine Beschädigung des Korrosionsschutzes bei starken Verlegebeanspruchungen verhindern soll. In der Praxis setzt sich immer mehr die Erkenntnis durch, in den Muffen Bandeisens und Mantel miteinander zu verbinden. Wie wichtig diese Maßnahme ist, wurde auf der vorjährigen VDE-Tagung durch den Vortrag von Müller und Buß nochmals unterstrichen. Bei Wellmantelkabeln, mit dem auch gegen Fremdströme schützenden Überzug, sollte diese Übung erst recht beibehalten werden, da die Schutzschicht einen sehr hohen Isolationswiderstand gegen Erde darstellt.

Abschließende Beurteilung

Abschließend ist zwar zu sagen, daß nur die praktische Bewährung das endgültige Urteil über die Bedeutung des Stahlwellmantels fällen kann. Versucht man jedoch schon heute, von einem übergeordneten Standpunkt aus, vorausschauend zu einer zusammenfassenden Bewertung dieses neuen Elementes in der Kabeltechnik zu kommen, so ergibt sich im Sinne der grundlegenden Arbeit von Kesselring¹⁾ über „die starke

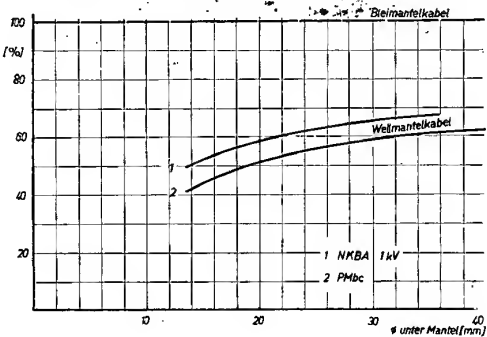


Bild 11 Metallgewichtsvergleich

Konstruktion“ noch ein wesentlicher Gesichtspunkt, der besonders für den Stahlwellmantel spricht. Bringt man den Kesselringschen Fundamentalsatz: „die konstruktive Entwicklung ist so zu lenken, daß die Materialkosten ein Minimum werden“, der sicherlich in der rohstoffintensiven Kabelindustrie seine Gültigkeit hat, bei der Beurteilung des Stahlwellmantels zur Anwendung, so kommt man zu folgender Feststellung: Das gesamte Metallgewicht beträgt bei Kabeln mit Stahlwellmantel nur 45–70 % desjenigen von Kabeln mit Bleimantel, obwohl der Kupferanteil naturgemäß bei beiden gleich ist. Diesen Gewichtsvergleich bringt Bild 11. Entsprechend dem Gewichtsunterschied ist auch der Kosten-

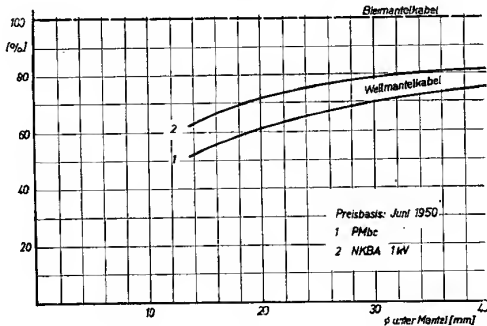


Bild 12 Metallpreisvergleich (Rohmaterial für Adern, Mantel und Bewehrung)

aufwand für die Metalle wesentlich geringer, wie Bild 12 zeigt. Aus den erheblichen Einsparungen an Material, den überlegenen Eigenschaften und den bisherigen Erfahrungen beim praktischen Einsatz kann der Schluß gezogen werden, daß der Stahlwellmantel zu den „starken Konstruktionen“ zu zählen ist.

1) F. Kesselring: Die starke Konstruktion, VDI-Zeitschrift 1942, S. 321.

Gruppe CII — Isolatoren

Einführung

Von P. Böning

Als vor etwa 30 Jahren die Entwicklung der Energieübertragungsanlagen mit wachsenden Betriebsspannungen einsetzte, wurde nicht zuletzt den zu verwendenden Isolatoren weitgehende Beachtung geschenkt. Man entwarf neue Formen, maß ihre Spannungsverteilung, prüfte ihre elektrische Festigkeit im trockenen Zustand und unter Regen, diskutierte über die Ergebnisse und stellte schließlich Normen auf. Dann trat die Isolatorfrage mehr und mehr in den Hintergrund, wenn auch die Untersuchungen weitergingen. Seit aber der Übergang zu Übertragungsspannungen von 300...400 kV erwogen wird, steht auch wieder das Isolierproblem zur Diskussion.

Zunächst wandte sich das Interesse den Freileitungsisolatoren zu; es sei an die Entwicklung des Langstabisolators erinnert. Es scheint aber an der Zeit, auch die Innenraumisolatoren in den Kreis der Betrachtungen zu ziehen. Auf Grund der inzwischen gesammelten Erfahrungen und Laboratoriumsuntersuchungen richtet sich die Aufmerksamkeit auf die Frage, welchen Einfluß die Verschmutzung in Zusammenhang mit der Betauung auf das

Isoliervermögen ausübt und wie diesem Einfluß zu begegnen ist. Auf einem ganz anderen Gebiet, in der Kapillarphysik, ist der Ausdruck „Dreckeffekt“ geprägt worden. Der Begriff schließt die Begriffe des Ungeklärten und Unangenehmen ein. Man kann diesen Begriff — leider — auch in der Isoliertechnik verwenden und ihn nicht nur auf verschmutzte Oberflächen, sondern auch auf das Innere der Isolierstoffe beziehen. Es sind Fremdstoffe, die das Verhalten der Isolierstoffe beeinflussen, und zwar stets in ungünstigem Sinne.

Der erste Vortrag weist auf die Notwendigkeit hin, diesen Fragen erneut näher zu treten, und zwar mit besonderer Berücksichtigung der Innenraumisolatoren. Der zweite Vortrag hat die Frage zum Gegenstand, wie der Einfluß von Feuchtigkeit im Hohlraum großer Porzellanisolatoren ausgeschaltet werden kann. Der dritte Vortrag befaßt sich mit dem aktuellen Problem, wie ein keramischer Isolator vakuumdicht durch eine Metallwand hindurchgeführt werden kann.

Zur Bemessung und Gestaltung von Innenraumisolatoren

Von H. Läßle

Entsprechend dem Titel des Fachberichtes ist beabsichtigt, Überlegungen und Erkenntnisse darzulegen, die für das Problem der Bemessung und Gestaltung von Innenraumisolatoren von Bedeutung sind, nicht aber eine einzelne oder gar die Lösung des Problems zu bringen. Diese Beschränkung ist durch die Tatsache begründet, daß die Lösung erst fruchtbar erörtert werden kann, wenn eine gemeinsame Grundeinstellung zu dem Problem gegeben ist. Eine solche Grundeinstellung ist bei dem behandelten Gebiet schon in den letzten Jahren weitgehend vorbereitet worden und zur Zeit auch schon äußerst wirksam. Sie wird aber erst deutlich sichtbar und verständlich, wenn man in einer Übersicht die treibenden Kräfte aus den uns heute zu Gebote stehenden Erfahrungen, Beobachtungen und Untersuchungen zusammenfaßt. Eine solche Übersicht zu geben, ist das Ziel des Fachberichtes.

Die Bemessung und Gestaltung der Innenraumisolatoren ist in den vergangenen 20 Jahren dadurch der Diskussion entzogen gewesen, daß sie für den wichtigsten Spannungsbereich, in dem sie angewendet werden, nämlich den der Mittelspannungsnetze, genormt waren. Wenn man ein technisches Gerät in seinen Abmessungen und Formen normt, dann befriedigt man damit nicht nur das Streben nach Vereinheitlichung mit dem Ziel einer erhöhten Wirtschaftlichkeit für Herstellung und Verwendung des betreffenden Gerätes, sondern man bekundet damit gleichzeitig, daß man das betreffende Gerät oder Teil als in der Entwicklung abgeschlossen und in seinen Eigenschaften vollkommen überschaubar hält, so daß eine Abweichung von der herauskristallisierten Form keine allgemeinen Vorteile mehr bringen kann, und daß

man sich ihm erst wieder widmen muß, wenn gänzlich neue Voraussetzungen und neue technische Möglichkeiten eine vollkommen neue Grundlage schaffen. Will man das Problem wieder aufgreifen, so muß man also auf Gesichtspunkte und Erkenntnisse hinweisen können, die noch keine Rolle spielten, als man vor Jahren die heute gültigen Formen festlegte und alles auf diesem Gebiet ausreichend behandelte, abwog und gehörig berücksichtigte. Wir können dies tun, weil damals wohl Erfahrungen vorlagen, heute aber unbestreitbar die Erfahrungssumme und vor allem die Erfahrungsauswertung das damalige Maß weit übertreffen, und weil inzwischen ganz offenkundig, nämlich in einer Vielzahl von Veröffentlichungen und von verschiedenen Seiten dem Konstrukteur Erkenntnisse zugebracht sind, die es ihm gestatten, wieder einen technischen Fortschritt zu erreichen, d. h. die es ihm möglich machen, mit geringerem Aufwand technisch Wertvolleres herzustellen. Man braucht in dieser Hinsicht nur an die Arbeiten von Cron, Estorff, Obenaus, Weber und Weicker zu erinnern. Es ist nicht Überheblichkeit oder ein besonderer Stolz, der uns darauf hinzuweisen drängt. Wir haben uns ja das bessere Rüstzeug nicht allein und nicht plötzlich geschaffen, sondern fußen auf einer Unsumme von Einzelerfahrungen und Beobachtungen. Es ist vielmehr nur unsere Pflicht, dafür zu sorgen, daß dieses Erfahrungsgut und Erkenntnisgut nicht brach liegen bleibt, und vor allem nicht deswegen brach liegen bleibt, weil bestehende genormte Formen allgemein angewendet werden und eine Umstellung dieser Normen vorübergehend einige Ungelegenheiten verursacht.

Ehe wir im ersten Abschnitt des Berichtes die Anforderungen an den Innenraumisolator behandeln, ist darauf aufmerksam zu machen, daß uns heute die Stellungnahme mit der einfachen Forderung der Betriebsbewährung, die früher endgültig und ausreichend schien, nicht mehr befriedigt, weil wir gelernt haben, sofort präzise Antwort auf zwei tiefergehende Fragen zu verlangen; nämlich erstens, wieweit ist das in Betrieb befindliche Gerät überhaupt beansprucht, und zweitens, warum bewähren sich bestimmte Formen im Betrieb besser als andere. In dieser Hinsicht ist auch unser Wortschatz heute präziser und mehrsagender, als es noch vor 20 Jahren der Fall sein konnte. So hat sich der Ausdruck „Isoliervermögen“ zwangsläufig bei der Behandlung derartiger Probleme eingeführt, weil er mit einem Wort einen ganzen eng damit verbundenen und heute erst richtig überschaubaren Erscheinungskomplex benennt, nämlich das typische, technische elektrische Verhalten des Isolators unter den Betriebsbedingungen. Er umfaßt z. B. auch das Verhalten der Isolatoren bei Stoßspannungsvorgängen, die man vor 20 Jahren gerade zu erforschen begann und die heute schon weitgehend geklärt sind, und daneben das Verhalten bei Einschwingspannungen, für deren kennzeichnende Größen heute auch die Grenzen abgesteckt sind, während vor 30 Jahren diese hochfrequenten Vorgänge noch nicht durchschaubar waren. Wir können deshalb heute etwas tun, was vor 20 Jahren kaum durchführbar gewesen wäre, obgleich es doch so einfach und grundlegend wichtig erscheint: Wir können mit wenigen Worten und Zahlen die elektrische Belastung angeben, die ein Innenraumisolator im Betrieb erfährt. Es sind dies:

1. die dauernde Beanspruchung mit der Betriebswechselspannung, die bei bestimmten Betriebszuständen in einer Höhe bis zum 1,3fachen Wert der Nennspannung auftreten kann.
2. vorübergehend die sogenannten inneren Überspannungen, herrührend von willkürlich oder durch Störungen hervorgerufenen Schaltungen und auftretend in der Form von Einschwingvorgängen mit Frequenzen zwischen 100 Hz und 30 kHz. Dabei ist zu unterscheiden zwischen
 - a) den Regeleinschwingspannungen, die unvermeidbar sind und deren Höhe das 2,5fache der Nennspannung nicht überschreitet und
 - b) den außergewöhnlichen Spannungsspitzen, die beim Ausgleich unbeherrschter magnetischer Energien und durch Aufladungsvorgänge entstehen können und deren Vermeidung durch geeignete Maßnahmen möglich und nötig ist.
3. Stoßspannungen, hervorgerufen durch Gewitter. Ihr Verlauf ist durch eine Stirnsteilheit in der Größenordnung von 100 kV/µs und einer Halbwertdauer zwischen 50 und 1000 µs gekennzeichnet. Die Höhe dieser Gewitterüberspannungen kann, falls keine Gegenmittel angewandt sind (Fall a), Werte erreichen, die jedes mit wirtschaftlichen Mitteln erreichbare Isoliervermögen übersteigen. Sie kann aber heute durch eingebaute Ableiter (Fall b) unter einem Pegel gehalten werden, der ungefähr in der Höhe des 2,8fachen vom Scheitelwert der Nennspannung liegt.

Es ist heute ohne Widerspruch anerkannt, daß Isolatoren, die so gebaut sind, daß ihr Isoliervermögen für die Fälle 1, 2a und 3b genügt, als ausreichend zu erachten sind, und daß die Fälle 2b und 3a keine Bemessungsgrundsätze für die Isolatoren abgeben können, sondern nur Baugrundsätze für die Schaltgeräte und Betriebsgrundsätze für die Netze festlegen, die diese Beanspruchungen überhaupt vermeiden. Wir können uns deshalb sofort den Erörterungen über die besonderen äußeren Bedingungen zuwenden, unter denen die Innen-

raumisolatoren diese maßgebenden elektrischen Belastungen aushalten müssen.

Innenraumanlagen sind regengeschützt. Die Innenräume, in denen Schaltanlagen stehen, sind aber im allgemeinen nicht geheizt. Die Temperatur schwankt also in ihnen im ganzen Bereich, in dem die Außentemperatur schwankt, d. h. in Mitteleuropa um rd. 70° C. Die täglichen Schwankungen sind jedoch geringer als im Freien und die Temperaturänderungsgeschwindigkeiten sind kleiner als in den extremen Fällen im Freien, z. B. morgens und abends. Im allgemeinen tritt deshalb in den Innenräumen auch keine Taubildung in der Nacht ein. Weiter fallen in den Innenräumen die starken örtlichen Erwärmungen fort, denen die Freiluftisolatoren infolge der Sonnenbestrahlung mitunter ausgesetzt sind. Dagegen erleiden die Innenraumisolatoren in starkem Maße, nämlich genau so stark wie die Freiluftisolatoren, die Folgen von Wetterstürzen, insbesondere von Temperatursprüngen, oder Luftmassenwechseln, wie die Meteorologen sagen. Solche Warmluftwellen sind häufig im Frühjahr mit dem Föhn verbunden, mitunter kommen sie aber auch bei Wetterumschlägen mitten im Winter vor. Das sind dann die Glatteistage, an denen die Häuserwände innen und außen weiß mit Reif beschlagen. Die Innenraumisolatoren sind in einem solchen Fall einer Betauung ausgesetzt, die sich in nichts von der an den Freiluftisolatoren unter den schlimmsten Umständen unterscheidet. Sie werden tiefend naß. Die Vorgänge, die für die damit verbundene Isolationsminderung verantwortlich sind, spielen sich an den Innenraumisolatoren in der gleichen Weise ab, wie es bei den Freiluftisolatoren vor etwa 10 Jahren in allen Einzelheiten studiert worden ist. Seitdem ist es selbstverständlich geworden, bei der Formgebung der Freiluftisolatoren diesen Zustand besonders zu berücksichtigen. Von einer ähnlichen Maßnahme bei den Innenraumisolatoren ist bisher kaum die Rede gewesen, obwohl man diese Betauung — nachdem einmal die Aufmerksamkeit auf den Zustand gelenkt war — immer wieder als Ursache von Überschlägen in Innenräumen erkennt, die folgenschwere Netzzusammenbrüche und langdauernde Störungen nach sich ziehen. Diese „Wetterumschlagsbetauung“ ist also ein Betriebszustand des Isolators, und zwar ein außerordentlich wichtiger. Er muß deshalb bei der Gestaltung und Bemessung eine maßgebende Rolle spielen.

Wir haben am Eingang dieses Abschnittes darauf hingewiesen, daß die Isolatoren im Innenraum regengeschützt stehen. Dies zu erwähnen, schien bisher überflüssig, galt es doch als diejenige selbstverständliche Betriebserleichterung, die es gestattet, die Innenraumisolatoren kleiner als Freiluftisolatoren zu bauen. In Wirklichkeit ist es aber eine Betriebserschwerung: wir wissen es heute richtig, nämlich als günstig einzuschätzen, daß in Freiluftanlagen der Regen die Isolatoren von Zeit zu Zeit abwäscht. Unsere Einstellung zum Regen in der Isolationstechnik ist heute beträchtlich anders, als zu der Zeit, als man nur auf die Isolationsminderung bei den Freiluftisolatoren blickte, die das Regenwasser hervorbringt, wenn es über die saubere Isolatoroberfläche fließt, und als man deshalb die Regenprüfung als die schwerste für einen Isolator ansah. Wie sehr eine andere Anschauung Raum gewann, erkennt man u. a. auch daran, daß man heute in Freiluftstationen die Isolatoren künstlich beregnet, wenn der natürliche Regen nicht oft oder nicht stark genug auftritt.

Etwas Ähnliches gibt es in Innenräumen nicht. Dort setzt sich jahraus, jahrein der Staub ungehindert ab und wenn nicht von Zeit zu Zeit oder nach einem Plan eine Reinigung durch die Betriebsmannschaft stattfindet, ist schließlich die ganze Oberfläche der Isolatoren damit in dicker Schicht bedeckt. Bestreicht bei Witterungsumschlag warme Luft hohen Wasserdampfgehaltes den kalten Isolator, so bildet sich auf seiner Oberfläche der

Tau zunächst in Tropfen und dann in rieselnden Wasserbahnen und löst heraus, was sich in der langen Zeit gänzlich ungestört an löslichen Schmutzbestandteilen darauf hat niedersetzen können. Es ist uns heute durchaus verständlich, wenn durch diese Lösung beträchtliche Ströme über die Oberfläche des Isolators fließen, und wenn bei ungünstiger Lage der entstehenden Überbrückungslichtbögen ein Überschlag bei ganz niedriger Spannung eintritt. Während also bei einem Freiluftisolator ein Wechselspiel zwischen der Verschmutzung in der trockenen Zeit mit der daraus folgenden Isolationsminderung bei Nebel und der isolationsfördernden Reinigung durch den Regen zustande kommt, muß man bei den Innenraumisolatoren mit einer ständig zunehmenden, weil nicht selbsttätig gelegentlich unterbrochenen und aufgehobenen Verschmutzung und einer entsprechend ungehindert fortschreitenden Minderung des Isoliervermögens rechnen. Bei diesen ist daher die Reinigung durch die Betriebsmannschaft (sozusagen als Ersatz für den Regen) unumgänglich.

So wie der Konstrukteur bei Freiluftisolatoren die Wirkung des Regens in Betracht ziehen muß, so muß der Konstrukteur von Innenraumisolatoren die betriebsmäßige Reinigung der Isolatoren in der Formgebung berücksichtigen. Vor allem aber muß er sich zum Ziel setzen, diejenige Isolatorform zu schaffen, deren Isoliervermögen unter dem Schmutzanfall und auftretendem Tau möglichst wenig absinkt, weil dies gleichbedeutend mit langen Zeiten zwischen den erforderlichen Reinigungen ist, also am wirkungsvollsten den Wartungsaufwand herabsetzt. Daß es dazu den bequemen, aber sehr unwirtschaftlichen Weg gibt, die Isolatoren lang zu machen, ist bekannt. Wie unwirtschaftlich dieses Verfahren ist, ist an geeigneter Stelle (ETZ 1951, Heft 3) erst kürzlich von Reiske wieder dargelegt worden, und dort ist auch gezeigt, daß sehr viel bessere Lösungen dieser Aufgabe auf der Hand liegen.

Es ist nun noch auf einen Unterschied in der Art der Verschmutzung zwischen Freiluft- und Innenraumisolatoren hinzuweisen, den man nicht übersehen darf, wenn man die Betriebsbedingungen richtig berücksichtigen will. Beide Isolatorarten sind der elektrischen Verschmutzung ausgesetzt, d. h. der Schmutzanfall ist durch das elektrische Feld im Sinne einer Elektrofilterwirkung beeinflusst. Das elektrische Feld zieht den Schmutz an die Stellen, an denen es am stärksten ist. Es kann besonders auf sehr kleine Teilchen wirken, und zwar um so mehr, je langsamer die Bewegung dieser Teilchen in der Luft ist. Während nun aber in Freiluft noch der Wind mitspielt, verhältnismäßig groben Schmutz aufwirbelt und an den Isolatoren schnell vorbeitreibt, stehen die Innenraumisolatoren in der Regel in stiller Luft, in der sehr feiner Staub nur ganz langsam niedersinkt. So wirkt bei diesen nur die Schwerkraft dem elektrischen Feld entgegen. Das elektrische Feld hat also genügend Zeit, auf jedes in die Nähe kommende Staubkörnchen einzuwirken. Wie die Besichtigung der verstaubten Isolatoren in Hochspannungsanlagen zeigt und wie man es in Verschmutzungsräumen studieren kann, sortiert das elektrische Feld in solchen Räumen ohne Luftbewegung den schwebenden Staub, indem es vorzugsweise die feinsten Körner ansaugt und die ganze Oberfläche des Isolators damit bedeckt. Auch senkrechte Flächen erhalten auf diese Weise eine Schicht aus sehr feinem festhaftendem Staub. Deshalb sind bei Innenraumisolatoren — soweit der Kriechweg eine Rolle spielt — die senkrechten Flächen nicht so sehr viel mehr wert als die waagerechten.

Die bisher beschriebenen Beobachtungen und Erkenntnisse müssen sich auf die Konstruktion der Isolatoren so auswirken können, daß sie dem Konstrukteur neben anderen Forderungen zur Grundlage seiner Absichten und Überlegungen werden. Sie müssen aber

auch Richtlinien für die vorzuschreibenden Prüfungen abgeben, mögen sie zur Kontrolle dienen, ob eine Konstruktion tatsächlich die beabsichtigten Eigenschaften hat, oder dafür, ob gewisse vereinbarte Mindestanforderungen bei jedem einzelnen Stück erfüllt sind. Was man dabei an elektrischen Belastungen zugrunde zu legen hat, ist aus der eingangs gegebenen Übersicht über die betriebsmäßigen Beanspruchungen ableitbar. Man muß nur noch über die Sicherheitszuschläge eine vernünftige Entscheidung fällen.

Nun kann die Prüfung nur in seltenen Fällen die wirklichen Beanspruchungen genau nachahmen. Es sind daher Ersatz- oder besser Äquivalentprüfungen nötig. Nur unter diesem Gesichtspunkt sind die bisher vorgeschriebenen Prüfungen verständlich. Wir können in diesem Kreis die Kenntnis der einschlägigen Vorschriften, Regeln und Richtlinien voraussetzen. Vorgeschrieben ist bekanntlich eine Wechselspannungsdauerprüfung und — in der Auswirkung weit darüber hinausgehend — die Einhaltung bestimmter Mindestschlagweiten.

Daß die Wechselspannungsdauerprüfung mit einem Faktor von 2,3 bis rd. 5 für das Verhältnis zwischen Prüfspannung und Nennspannung des Isolators keine Nachahmung der Betriebsbelastung ist, ist augenfällig. Wichtiger ist, daß sie keinen der vorhin behandelten, zweifellos kritischen Betriebszustände berücksichtigt, wird sie doch an dem sauberen und trockenen Isolator ausgeführt. Die Wechselspannungsprüfung mit dem hohen Wert der Prüfspannung kann nur als eine ganz rohe Kontrolle der Stücke auf grobe Herstellungsfehler betrachtet werden.

Die Mindestschlagweiten sind, wenn man ihrer Entstehungsgeschichte nachgeht, in der Absicht festgelegt, die Einhaltung gewisser Kriechstrecken zu erzwingen. Sie stellen in der heute gültigen Form eine primitive Methode dar, die Anlagen vor unverantwortlichen Ausreißern in der Bemessung zu sichern.

Als einfache Schutzmaßnahme könnte man beide Bedingungen, die vorgeschriebene Prüfspannung und die Schlagweite gelten lassen, wenn sich nicht die Erfahrung aufdrängte, daß sie die Konstruktion verzwängen, d. h. daß sie den Konstrukteur zwingen, ohne Rücksicht auf das wirklich Notwendige und Richtige, nur für die Vorschriften und die Prüfung zu bemessen und zu gestalten. Die Untersuchungen in den vergangenen 10 Jahren über das Verhalten der verschiedenen Innenraumisolatoren unter den unvermeidbaren kritischen Betriebsbedingungen haben nämlich gezeigt, daß die Einhaltung der vorgeschriebenen Prüfspannungen und Mindestschlagweiten nicht nur keine Gewähr für die Betriebsbewährung abgibt, sondern zu Isolatorformen geführt hat, die ein ausgesprochen ungünstiges Verhalten unter den entscheidenden Umständen zeigen. Außerdem konnten Isolatoren mit weit mehr Aussicht auf Betriebsbewährung einfach deshalb nicht außerhalb der Versuchsfelder erprobt und zum Stand der Technik werden, weil sie als nicht den Vorschriften entsprechend in Anlagen nicht eingebaut werden durften. Es war also ein Ausbruch aus diesem Zirkel heraus nötig. Eine erste Bresche ist dadurch geschlagen, daß für die Hochspannungsgeräte bis 10 kV wenigstens die Schlagweitenforderung zunächst probeweise gefallen ist. Wenn dabei die geforderten Prüfspannungen gegen die bisher gültigen Werte praktisch unverändert beibehalten worden sind, so hat das formale Gründe. Diese Prüfspannungswerte sind nicht als zweckmäßig und angebracht anerkannt. Dem Konstrukteur ist nun die Möglichkeit gegeben, die Ergebnisse der Betaunungs- und Verschmutzungsversuche zu verwerten. Diese haben bisher stets nur eine Erklärung für das bis dahin unverständliche Verhalten der genormten Isolatoren erbracht und später bei folgerichtiger Durchdringung der Erscheinungen die Wege für Verbesserungen gezeigt.

Über die Verfahren, die bei den Untersuchungen in den Betauungs- und Verschmutzungsräumen anzuwenden sind, ist noch etwas zu sagen. Die Zeit der Pionieranlagen auf diesem Gebiet waren die Jahre um 1940, in denen an mehreren Stellen Verschmutzungsräume gebaut und mit Eifer zur Untersuchung von Isolatoren benutzt wurden. Diese Arbeiten haben ihren Niederschlag — allerdings mit dem solchen Pionierarbeiten eigenen provisorischen Charakter — in den Leitsätzen für die Verschmutzungsprüfungen VDE 0448 gefunden. Gegenstand dieser Regeln sind aber nur Prüfungen an Freiluftisolatoren. Auf diesen Gegenstand sind die Anweisungen so ausschließlich zugeschnitten, daß es zu unberechtigten Schlüssen führen mußte, als man sie zunächst mangels besserer Methoden auch auf Innenraumisolatoren angewendet hat. Als wir unmittelbar nach dem Kriege die Arbeit auf diesem Gebiet wieder da aufnahmen, wo sie bei Kriegsende unterbrochen worden waren, war es deshalb nötig, als erstes Untersuchungsverfahren zu schaffen, die dem Innenraumisolator angemessen sind. In der bereits erwähnten Veröffentlichung von Reiske ist das Wichtigste darüber berichtet.

Erkennt man erst einmal an, daß es keine gute Lösung ist, recht große Isolatoren mit recht hohen, im fabriktischen Zustand zu messenden Paradeüberschlagspannungen zu bauen, sondern daß es richtiger ist, wartungsbescheidene und krisenfesten Isolatoren zu schaffen, dann erhalten die Prüfungen und Abmessungen eine neue Bedeutung. An die Stelle einer nichtssagenden Probe tritt dann ein Examen, bei dem der Isolator auf Herz und Nieren geprüft wird. Die Prüfungsordnung zu einem solchen Examen für Innenraumisolatoren gibt es noch nicht. Sie zu schaffen, ist vielleicht zur Zeit auch noch nicht möglich. Es ist aber an der Zeit, sich vorzunehmen, sie bald zu schaffen und die Grundlagen dafür zu studieren. Für dieses lohnende Unterfangen ist der Anstoß gegeben und die Bereitschaft zur Mitarbeit an allen Stellen vorhanden, wie das tätige Interesse für diese Probleme beweist.

Aussprache

Herr H. Müller, Langenberg (Rhld.): Zur Ergänzung der sehr interessanten Ausführungen des Herrn Vortragenden sei auf das Folgende hingewiesen. Bis zur Konstruktion des ersten nach den Bedingungen des elektrischen Feldverlaufes konstruierten Stützenisolators durch Professor Friese, Nürnberg, des sogenannten Delta-Isolators, wurden Hochspannungsisolatoren nach dem Kriechweg bemessen. So wies der Stützenisolator für die Strecke Lauffen—Frankfurt die gleiche Formgebung wie die Postisolatoren für tropische Gebiete mit innerer Orlinne auf. Der Entwurf eines Hochspannungsisolators rein nach Gesichtspunkten des elektrischen Feldes mußte Schwierigkeiten bei Überzug der Oberfläche mit einer mehr oder weniger gutleitenden Schicht bringen. Bei den Freileitungsisolatoren hat man schon verhältnismäßig früh, etwa vor 20 Jahren, entsprechende Versuche angestellt. Als schwieriger Betriebsfall ist das Erreichen des Taupunktes zu rechnen. Für diesen Fall nützt die Betrachtung des elektrischen Feldes allein nichts mehr. Man müßte rechnerisch zu einem Kompromiß zwischen Feldbild des trockenen und Oberflächenwiderstand des betauten Isolators kommen. Da die Rechnung hier versagt, habe ich s. Z. ein Prüfverfahren entwickelt, bei dem nicht, wie sonst allgemein üblich gewesen ist, fein verteiltes Wasser gegen den Isolator gesprüht wurde, sondern durch Unterkühlen des Isolators in einem besonderen Kühlraum und anschließendes Einbringen des Isolators in die feuchtwarme Atmosphäre des Versuchsaumes der Zustand beim Erreichen des Taupunktes nachgebildet wurde. Die so ermittelten Überschlagspannungen entsprechen dann dem Überschlagswert beim Erreichen des Taupunktes. Die Ver-

schmutzung wurde durch Einblasen von Staub unter Betriebsspannung erzielt. Dabei spielen Staubart und Korngröße eine sehr wichtige Rolle. Durch mehrfaches Wiederabkühlen und anschließendes Einbringen des Isolators in den feuchtwarmen Raum mit anschließendem Bestäuben konnte ein zunächst rasches, später langsames Absinken der Überschlagsspannung festgestellt werden. Die Bevorzugung glatter Stützerformen ist nicht zuletzt auf das mechanisch günstigere Verhalten der glatten Formen zurückzuführen und zu erklären. Auch hier wird die Praxis einen Kompromiß schließen müssen.

Herr H. v. Treufels, Selb (Bayern): Herr Läßle hat in seinem Vortrag darauf hingewiesen, daß die gerillten Stützer sich günstiger verhalten als die bisher genormten glatten Durchführungen, und er hat dieses Verhalten begründet mit den Ergebnissen von Verschmutzungsprüfungen.

Ich möchte davor warnen, den Wert dieser Ergebnisse zu überschätzen. Wir haben in unserem Prüffeld schon seit vielen Jahren, ich darf sogar sagen seit Jahrzehnten, uns mit Verschmutzungsversuchen beschäftigt und dabei immer wieder feststellen müssen, daß die dabei erhaltenen Werte nicht reproduzierbar sind, weil sie viel zu stark von den jeweiligen Verstaubungsbedingungen abhängen. Es ist durchaus möglich, daß der Rillenisolator gegenüber dem glatten Stützer in seinem Betriebsverhalten Vorteile bringt, aber es ist nicht angängig, hierfür die VDE-mäßige Verschmutzungsprüfung als Beweis heranzuziehen. Soweit mir bekannt ist, wird demnächst in einer VDE-Kommission das Problem der Verschmutzungsprüfung neu behandelt werden, denn die bisherigen Vorschriften sind unzulänglich und für praktische Erkenntnisse unbrauchbar.

Herr J. Biermanns, Kassel: Wir stehen vor der Tatsache, daß uns auch für Innenraumanlagen der Rillenisolator aufgezwungen werden soll, obwohl er von weiten Kreisen der Hersteller sowie auch der Verbraucher einmütig abgelehnt wird. Da diese Situation dem Vortragenden bekannt ist, hat er, um seinen Standpunkt plausibel zu machen, den Tatsachen erheblich Gewalt angetan. Wenn wir seinen Ausführungen folgen wollten, so kämen wir zu dem Ergebnis, daß die Innenraumschaltanlagen einem erheblich ungünstigeren Klima als die Freiluftschaltanlagen ausgesetzt sind, so daß wir eigentlich dazu übergehen müßten, die in den Freiluftstationen befindlichen Isolatoren und Geräte in die Innenraumschaltanlagen und umgekehrt die Innenraumapparate in die Freiluftstationen zu setzen. Daran wird natürlich niemand im Ernst denken, weil man eben durch langjährige Erfahrungen zu der Einsicht gelangt ist, daß man in einer Innenraumanlage ein recht gemäßigtes Klima herstellen kann, wenn man nur gewisse recht einfache zu handhabende Vorsichtsmaßnahmen durchführt, die sich inzwischen ja auch bei unseren Kollegen von den Elektrizitätswerken herumgesprochen haben. Wenn man nämlich im Frühjahr und Herbst bei plötzlichen Einbrüchen warmer Luftmassen nicht gerade die Fenster und Türen des Schalthauses aufreißt, sondern sie schön geschlossen hält, wenn man ferner beim Bau eines Schalthauses die Fensterflächen nicht unnützlich groß wählt und in besonders ungünstigen Fällen sich den Luxus einer nur wenige Kilowatt verschlingenden elektrischen Heizung leistet bzw. die kostenlos anfallende Abwärme von Transformatoren benutzt, kann jede Schweißwasserbildung in Schalthäusern mit Sicherheit vermieden werden. Die angegebenen Maßnahmen verhindern auch eine nennenswerte Verschmutzung der Anlage, so daß eine in verhältnismäßig großen Zeitabständen durchgeführte Reinigung der Isolatoren deren dauernde ursprüngliche elektrische Festigkeit garantiert. Schließlich sind ja auch die Erfahrungen, die wir an unseren Innenraumanlagen sammeln konnten, nicht gerade schlecht, was mir wohl jeder der hier anwesenden Vertreter der Elektrizitätswerke bestätigen wird.

Es liegt also wirklich kein Anlaß vor, von dem bewährten glatten Isolator zum Rillenisolator überzugehen, der sich bei der von Herrn L ä p p l e für sich in Anspruch genommenen Form, die übrigens gar nicht so sehr von den vor Jahren üblichen Isolatorformen abweicht, sowohl schlecht reinigen als auch schlecht auf seinen Reinigungszustand hin kontrollieren läßt. Ich muß in diesem Zusammenhang Herrn Dr. v. Treufels recht geben, dessen bei Verschmutzungsversuchen gesammelten reiche Erfahrungen durchaus mit unseren eigenen Erfahrungen sowie auch mit den befreundeter Firmen übereinstimmen. Es ist außerordentlich schwer, den natürlichen Verschmutzungsvorgang im Laboratorium richtig nachzuahmen, so daß man mit Verschmutzungsversuchen je nach den gewählten Versuchsanordnungen so ziemlich alles beweisen kann. Auch dieser Gesichtspunkt spricht dafür, sich nicht voreilig auf Rillenisolatoren festzulegen, sondern dem Konstrukteur hier freie Hand zu lassen. Wenn darauf hingewiesen werden sollte, daß auch im Ausland, beispielsweise in USA, der Rillenisolator bei den mittleren Spannungen weit verbreitet ist, so ist darauf zu erwidern, daß dort niemand daran gedacht hat, wegen der Verwendung von Rillen etwa die in der Anlage angewendeten Schlagweiten zu verkleinern. Die amerikanischen Rillenisolatoren entsprechen in ihren Abmessungen bei vergleichbaren Spannungen durchaus unseren bisher verwendeten Isolatoren, obwohl in USA im Gegensatz zur deutschen Praxis fast ausschließlich mit starr geerdetem Nullpunkt gearbeitet wird.

Es ist überhaupt zu beachten, daß für die Wahl der Schlagweite außer der Höhe möglicher Überspannungen und Isolationsminderung durch Verschmutzung noch viele andere Gesichtspunkte maßgebend sind, wie die Möglichkeit des Eindringens von Fremdkörpern in die Anlage, der Auswurf von Qualm und Flüssigkeiten durch die Leistungsschalter, das „Spritzen“ schlechter Kontaktstellen usw. Schließlich soll eine Hochspannungsanlage auch so gebaut sein, daß ihre einzelnen Teile überhaupt zugänglich sind, wobei viele Betriebsleiter es noch gerne sehen, wenn sie im Bedarfsfalle die Möglichkeit des Einbaues von Schaltern höherer Abschaltleistung haben. Alle diese Gesichtspunkte wurden vor etwa 30 Jahren, als die damalige VDE-Kommission die noch heute gültigen Schlagweiten festlegte, gebührend berücksichtigt, und es spricht von dem hohen Ansehen, das sich die Arbeit dieser Kommission errang, daß fast alle europäischen Länder sich die Beschlüsse dieser Kommission zu eigen gemacht haben. Ich schätze mich glücklich, daß ich als junger Anfänger an den Arbeiten dieser Kommission teilhaben konnte, der Vertreter der Industrie und der Elektrizitätswerke angehörten, deren Namen noch heute Klang besitzen. Wir sollten es uns reiflich überlegen, die damals festgelegten Schlagweiten ohne zwingende Not herabzusetzen, nachdem man damals die bis dato geltenden Werte nicht unerheblich heraufgesetzt hatte.

Herr W. Vogel, Köln: Zu den verschiedenen Gesichtspunkten, die sich z.T. widersprechen, möchte ich noch auf die Beachtung der Umbruchfestigkeit hinweisen. Bei der Zusammenballung der Energie in den Stationen entstehen im Kurzschlußfall an den Sammelschienen Kräfte über 1000 kg/m. Diesen widersteht ein kurzer Isolator besser, weil der Hebelarm kleiner ist.

Vortragender: Das Verfahren, das Herr Prof. Harald Müller vor 20 Jahren angegeben hat für die Prüfung der Isolatoren in ihrem kritischsten Zustand, nämlich in unterkühltem Zustand und bei starker Betauung, ist ein Kernstück der Verschmutzungsprüfung. Es hat sich als sehr fruchtbar erwiesen und wird sicher auch weiterhin benutzt werden.

Im Gegensatz dazu sind einige andere in die Leitsätze VDE 0448 aufgenommene Behandlungs- und Verfahrensvorschriften durch neuere Untersuchungen ganz offenbar überholt, so daß Grund besteht, die heute gültigen Leitsätze für die Verschmutzungsprüfung für un-

befriedigend zu erklären. Wir haben, z. B. wie Herr Dr. v. Treufels, die mangelhafte Reproduzierbarkeit erfahren, die den Ergebnissen der sogenannten V-Kurven-Untersuchungen anhaftet, haben aber diese und andere Unvollkommenheiten als eine Folge der Tatsache gewertet, daß die Leitsätze VDE 0448/V. 40 die ersten ihrer Art sind, daß es sich bei der Aufstellung also um eine Pionierarbeit auf diesem Gebiet gehandelt hat, und wir haben daraus die Notwendigkeit abgeleitet, Verbesserungen vorzuschlagen. Wenn wir Isolatoren untersuchten, haben wir deshalb nicht das Verfahren nach VDE 0448 als allein angebracht und bindend gehalten, sondern die Erscheinungen an in Betrieb verschmutzten Isolatoren weiter untersucht und daraus bessere Verfahren entwickelt. Einiges Grundsätzliches darüber ist in dem Aufsatz von K. Reiske veröffentlicht, auf den im Bericht ausdrücklich hingewiesen ist. Das dort beschriebene Verfahren, das vor allem mit konstanten Prüfspannungen arbeitet, also keine V-Kurven mehr aufnimmt, ist zwar etwas zeitraubender, aber den wirklichen Verhältnissen in Innenräumen viel näher und liefert nach unseren Erfahrungen durchaus reproduzierbare Ergebnisse. Zur Behandlung in der zuständigen VDE-Kommission hat Herr Dr. W. Estorff weitere Vorschläge für die Verschmutzungsprüfung gemacht. Diese werden zur Zeit diskutiert. Ich möchte auf die Warnung des Herrn Dr. v. Treufels hin ausdrücklich wiederholen: Unsere Aussagen über das Verhalten von Isolatoren im betauten und verschmutzten Zustand stützen sich nicht einfach auf Untersuchungen nach dem Verfahren VDE 0448, sondern auf bessere, allerdings auch umfangreichere Untersuchungen, und es ist das gesamte darüber vorhandene Erfahrungsgut herangezogen.

Die Vorteile kurzer Isolatoren im Falle einer Beanspruchung auf Biegung durch Kurzschlußkräfte, auf die Herr Dir. Vogel hinweist, sind auch ein Anlaß, und nicht der unwichtigste, alles daran zu setzen, Isolatoren hohen Isoliervermögens mit kleinen Abmessungen zu schaffen, d. h. zunächst die Vorbedingungen dafür zu untersuchen.

Die Einwände des Herrn Prof. Biermanns lassen nicht erkennen, welche besonderen Gründe er hat, gerade auf dem behandelten Gebiet für das genormte Bestehende als dem „Bewährten“ einzutreten. Sie sind in die Form von Warnungen und Vorwürfen gekleidet und zwingen deshalb zu einer Stellungnahme.

Es ist nur natürlich, daß sich bei der Einführung der neuen Gedankengänge Stimmen dafür und dagegen erheben, und der Fachbericht konnte dazu dienen, die entstehenden Fragen sachlich abzuklären. Das hat die übrige Diskussion gezeigt. Das Interesse an dieser Angelegenheit ist — schon wegen der wirtschaftlichen Bedeutung — außerordentlich groß, und es kann keine Rede davon sein, daß die nach den neuen Gesichtspunkten gebauten Isolatoren „einmütig abgelehnt werden“; im Gegenteil, die Erfahrung geht dahin, daß sie mit ihren Vorteilen in steigendem Maße Anerkennung und Anwendung finden.

Der Fachbericht stellt die Aufgabe heraus, die Isolatoren so zu bemessen und mit wirtschaftlichem Aufwand so zu gestalten, daß sie sich in Innenraumanlagen auch unter ungünstigen Betriebsbedingungen bewähren. Zur Lösung dieser Aufgabe mag es verschiedene Wege geben. Der Fachbericht schiebt keinen in den Vordergrund, und es wäre auch ganz unmöglich, jemandem einen aufzuzwingen. Aber Erörterungen darüber, wie wir uns Innenraumanlagen wünschen müssen, damit die genormten Isolatoren genügen, weichen dem Problem aus, ebenso die Aufzählung von Unzulänglichkeiten verschiedenster Art in Schaltanlagen, die nicht vom Isolator verursacht sind, also von der Seite des Isolators auch nicht an der Wurzel bekämpft werden können.

Ein ernster Vorwurf steckt in der Bemerkung, es sei „den Tatsachen erheblich Gewalt angetan“. Wenn das der Fall wäre, dann müßte es ja leicht sein, von dem

Vorgebrachten etwas als unrichtig oder übertrieben nachzuweisen. Es wird aber nur scherzhaft die Folgerung gezogen, man müsse ja nach den Darlegungen in Freiluft Innenraumisolatoren und in Innenräumen Freiluftisolatoren verwenden. Nun: in den Freiluftanlagen der Vereinigten Staaten findet — weil sie durch den Regen besser gereinigt werden — in steigendem Umfang eine Isolatorform mit vielen kleinen Schirmen Verwendung, die dem ebenfalls in USA verwendeten Innenraum-Rillenisolator viel ähnlicher ist als unserem weitschirmigen Freiluftisolator. Und umgekehrt ist in einem Entwurf „Richtlinien für die Isolationsabstufung in Wechselstrom-Hochspannungsanlagen“ der IEC nach der Feststellung, daß eine Betauungs- und Verschmutzungsprüfung wichtig ist und deshalb Vorschriften dazu geschaffen werden müssen, empfohlen, vorläufig „in nicht-klimatisierten Anlagen“ die äußere Isolation in Freiluftausführung zu wählen. Was also scherzhaft gemeint war und die Ausführungen des Fachberichtes ad absurdum führen sollte, ist für den Sachkundigen nur eine Bestätigung in etwas überspitzter Form für den in dem Bericht dargestellten tatsächlichen Sachverhalt, der auch in anderen Ländern bereits mit den daraus zu ziehenden Folgerungen erkannt ist.

Im Fachbericht habe ich — schon der beschränkten Zeit wegen — alle rein theoretischen Überlegungen unbehandelt gelassen. Seit 15 Jahren wird das Problem in in- und ausländischen Fachzeitschriften und in den Normenkommissionen erörtert. Was in den Veröffentlichungen aber m.E. zu kurz gekommen ist, das ist die lebendige Darstellung der Erfahrungen, die man in den vergangenen 25 Jahren mit den genormten Isolatoren im

Konstruktionsbüro, in den Prüffeldern und vor allem bei der Störungsaufklärung gemacht hat. Wer, wie der Konstrukteur, auf der einen Seite die wirtschaftlichen Folgen von Zwangsmaßnahmen sieht und auf der anderen Seite durch die Schadensfälle so handgreiflich vor Augen geführt bekommt, daß die genormten Formen durchaus nicht einen ungestörten Betrieb gewährleisten, sondern zu ganz unwirtschaftlichen Lösungen, wie z.B. den der Verwägung der nächst höheren Reihe führen, wird nicht dem Satz zustimmen, daß „die Erfahrungen, die wir an unseren Innenraumanlagen sammeln konnten, nicht gerade schlecht“ sind.

Zum Schluß erinnert Herr Prof. Biermanns an die klangvollen Namen der Männer, die seinerzeit bei der Aufstellung der Normen mitgewirkt haben. Daß wir ihre Leistungen zur damaligen Zeit hoch achteten, ist bereits betont, und wir haben die damals angestellten Erörterungen und Entscheidungen sorgfältig studiert. Dabei konnten wir aber folgendes feststellen: wenn einmal, dann hat man damals bei der Festlegung der Schlagweiten und Formen der Isolatoren mit einem Federstrich Altgewohntes als ungünstig abgetan und ist bei der Abfassung wirtschaftlich sehr folgenswerer Vorschriften neuen Überlegungen gefolgt, obgleich diese vorwiegend theoretischer Art waren. Man kann sich deshalb m.E. gerade dann auf die Männer mit den klangvollen Namen berufen, wenn man das Bestehende an Hand der Erfahrungen und Fortschritte ganz nüchtern und unvoreingenommen überprüft und, falls das Ergebnis dahin drängt, vom bisher Gültigen abzuweichen, die Schlußfolgerung zieht und Gutes, aber Unvollkommenes durch Besseres ersetzt.

Große Porzellanstützer mit abgeschmolzenem Innenraum für Hochspannungsanlagen

Von K. Schaudinn

Es wird eine Übersicht gegeben über den Stand der Konstruktion, Fertigung und Prüfung keramischer Hochspannungsstützer für 60 kV und darüber, deren Hohlraum durch zwei keramische Böden abgeschlossen ist. Derartige abgeschmolzene Stützer sind seit rund 12 Jahren in Betrieb und seitdem in ständig steigendem Maße gefertigt worden.

Der Konstrukteur von Hochspannungsgeräten kann sich bezüglich der äußeren Abmessungen der 60, 110 und 220 kV-Stützer nach den Normblättern DIN 48109 bzw. 48110 richten. Danach sind auch Mindestumbruchkraft und Schlagweiten bzw. Überslagspannung festgelegt. Für die einheitliche Ausführung der Schirme gilt dabei das DIN-Blatt 48115. Über die Ausgestaltung des Innenraumes oder über den Abschluß des Innenraumes enthält das Normblatt keine weiteren Angaben. Hier beginnt die Arbeit des Porzellanherstellers oder der Montagefirma.

Hochspannungstechnisches Ideal ist immer der massive Körper, da er absolut durchschlagsicher ist. Hier sind aber die konstruktiven Möglichkeiten durch die keramischen Fabrikationsbedingungen begrenzt, weil ein gewisser massiver Durchmesser nicht überschritten werden darf. Andernfalls sind während des Trocknens oder während des Brandes nicht tragbare Ausschußquoten zu erwarten. Deshalb können als massive Konstruktionen nur 60 kV-Stützer und eventuell die 110 kV-Stützer mit Strunkdurchmessern bis 155 mm nach dem gleichen Normblatt in Betracht kommen. Alle anderen Stützer mit darüber hinausgehenden Durchmessern müssen zwangsläufig als Hohlkörper gefertigt werden. So entstanden die seit langer Zeit bekannten, unten offenen Stützer mit einem am Kopf liegenden Boden. Bei diesen wird der Hohlraum durch Masseriegel und eine sorgfältig aufgekittete Metallkappe abgeschlossen und so vor dem Eindringen von Feuchtigkeit geschützt, da andernfalls

das eintretende Glimmen zur Bildung nitroser Gase führt. Manche Konstruktionen sehen außerdem eine Füllung des Hohlraumes mit einem nicht hygroskopischen Füllmittel vor. Solange die Dichtung hält und keine Feuchtigkeit eindringt, verhalten sich die Stützer elektrisch einwandfrei. Aber alle derartigen Dichtungsmittel haben eine von der des Porzellans abweichende Dehnungszahl oder schrumpfen im Laufe der Jahre. In ungünstigen Fällen kann feuchte Luft eindringen. Damit bildet der auf der inneren Fläche haftende Feuchtigkeitsniederschlag eine vorgeschobene Elektrode, die eine Verdichtung des sonst zwischen Kopf- und Fußarmatur verteilten Feldes und eine Überbeanspruchung des oberen Bodens durch die volle Betriebsspannung herbeiführt. Selbst wenn der Boden der Durchschlagsspannung widersteht, können sich jetzt auf oder zwischen den Schirmen unerwünschte Teilentladungen bilden. Praktische Vorfälle dieser Art, die sich manchmal erst nach 5, 6 oder mehr Jahren einstellten, gaben bereits vor längerer Zeit Anlaß, nach neuen Konstruktionen zum Abschluß des Hohlraumes zu suchen.

Nach einem älteren Verfahren sollte diesem Übelstand dadurch abgeholfen werden, daß z.B. ein zylindrischer Hohlkörper oben und unten fest mit der Wandung verbundene Böden erhält. Keramisch ist diese Aufgabe zu lösen [1], jedoch ist ein derartiger Hohlkörper für Hochspannungsisolatoren unbrauchbar. Mit der Sinterung bei ca. 1400° C wird der Porzellanscherben dicht und damit zugleich der unter Atmosphärendruck stehende Innenraum mit den heißen Gasen hermetisch abgeschlossen. Bei der anschließenden Abkühlung sinkt der Innendruck im Verhältnis der absoluten Temperaturen nach dem Gay-Lussac-Daltonschen Gesetz bei Raumtemperatur von 20° auf:

$$P_{20} = P_{1400} \cdot \frac{273 + 20}{273 + 1400} = 0,175 \text{ at.}$$

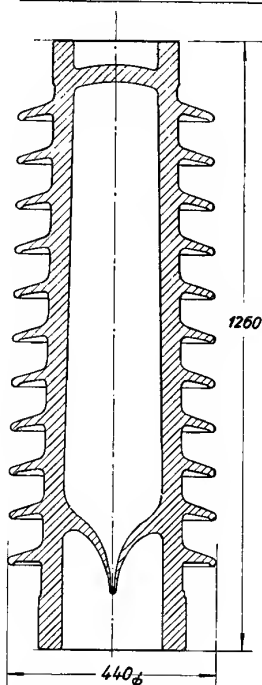


Bild 1 Unterteil des 220 kV-Trennschalterstützers mit ab-geschmolzenem Boden

Ein unter so niedrigem Druck stehender Raum ist im Hochspannungsfeld nicht verwendbar, da die Durchschlagspannung der Luft stark mit dem Druck abnimmt. Infolgedessen wurden Großisolatoren früher stets nur mit einem keramischen Boden ausgerüstet und nach dem Brande durch einen Boden aus nicht keramischem Stoff am anderen Ende abgeschlossen. Beispielsweise wurde zur Verhinderung des Zutritts von Feuchtigkeit in eine besondere Aussparung am unteren Ende des Isolators eine Hartpapierscheibe eingelegt, die mit Compoundmasse vergossen wurde. Eine vollkommen dichte Bindung zwischen der Porzellanwandung und dieser Masse ist jedoch auf die Dauer infolge der Dehnungen und Schrumpfungen bei wechselnden Temperaturen nicht zu gewährleisten.

Einen Fortschritt bedeutete es, als man dazu überging, den Isolator mit einem zweiten keramischen Boden auszurüsten, der eine Öffnung zur Aufnahme eines Stöpsels besitzt. In die geschliffene Öffnung wurde der ebenfalls geschliffene Stöpsel mit Bakelitlack luftdicht eingesetzt. Da das Einbakelisieren bei rund 140° vor sich geht und in der Regel der ganze Isolator dieser Temperatur ausgesetzt werden muß, sinkt nach dem Abkühlen der Luftdruck im Innern entsprechend dem Temperaturverhältnis $\frac{273+20}{273+140}$ auf 0,71 at. Der Innenraum hätte also auch Unterdruck, was nicht erwünscht ist. Beim Einglasieren des Stöpsels würde der Innendruck entsprechend der höheren Schmelztemperatur der Glasur noch wesentlich geringer sein, und zwar auf rund $\frac{1}{3}$ at absinken.

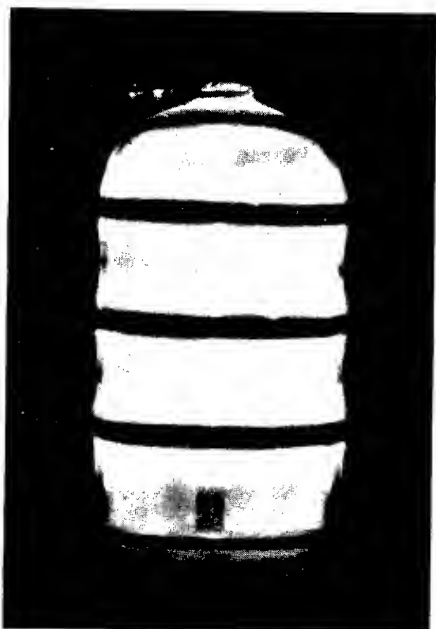


Bild 2 Wechselstromglimmentladungen in Glasglocke von 500×250 mm Halbmesser bei 6 Torr

Durch das DRP 566 283 wurde vorgeschlagen, in den keramischen Boden ein Röhrchen einzusetzen oder einzuformen, das dazu dient, den Isolator nach vollständiger Entlüftung bei Raumtemperatur abzuschmelzen. Es versteht sich, daß bei diesem Verfahren die Entlüftung so weit getrieben werden muß — bis etwa 10^{-3} Torr —, daß Glimmentladungen ausbleiben und das Hochvakuum als Isolator wirksam wird. Die Entlüftung des großen Hohlraumes durch eine kleine Öffnung und die notwendige Entgasung der Hohlraumoberfläche durch Ausheizung während des Pumpens bietet jedoch im vorliegenden Falle solche technischen Schwierigkeiten, daß diesem Verfahren der Erfolg versagt bleibt.

Ein praktisch durchführbarer Weg ist der, eine trockene Gasfüllung von Atmosphärendruck oder erhöhtem Druck anzuwenden und den Isolator am Stutzen des zweiten keramischen Bodens nach Einfüllung des Gases luftdicht abzuschmelzen [2]. Hierbei kann eine dem DRP 566 283 ähnliche Formgebung gewählt werden (Bild 1). Durch mehrfaches Entlüften und Durchspülen mit getrocknetem Stickstoff wird die Luft durch diesen ersetzt. Die in Gestalt eines vorstehenden Röhrchens ausgebildete Öffnung kann alsdann unter rein örtlicher Erhitzung an seiner Spitze durch Einsmelzen eines Glaskügelchens hermetisch verschlossen werden. Durch Anwendung einer Hilfseinrichtung am Verschlußröhrchen ist es aber auch möglich, den Innenraum des Isolators unter erhöhten Druck von beispielsweise 1,2 ... 1,5 at zu setzen.

Bei Stützern mit Hohlräumen und einem Boden ist es üblich, zur Durchschlagprüfung von Kopf- und Wandstärke den Innenraum mit Wasser zu füllen und dieses als Elektrode zu verwenden. Als Gegenelektrode dienen außen herumgelegte und parallelgeschaltete Metallbänder oder Ketten. Für die neue Bauart mit doppeltem Boden ist Wasser als Innenelektrode ungeeignet, damit nicht irgendwelche Reste zurückbleiben und Feuchtigkeitniederschläge verursachen. Daher wird eine Glimmentladung als innere Prüfelektrode verwendet.

Bei Wechselstrom, der für die Hochspannungsprüfungen nur in Betracht kommt, bildet sich eine gleichmäßig leuchtende Glimmentladung aus, die bei ausreichender Elektrodenanordnung praktisch den ganzen Hohlraum des Entladungsgefäßes bzw. des evakuierten Isolators ausfüllt. Aus bekannten Untersuchungen geht hervor, daß die Zündspannung für Edelgase bei Drücken zwischen 1 und 20 Torr im Bereich von 350 bis 600 V bei Wechselspannung schwankt. Für verdünnte Luft liegt sie höher. Am Ende jeder Halbperiode geht der Strom durch Null, bevor er seine Richtung ändert. In diesem Augenblick findet daher nahezu keine Anregung durch Elektronen statt, und da das Nachleuchten nur von sehr kurzer Dauer ist, gibt die Gassäule also beim Durchgang des Stromes durch Null kein Licht. Diesen Zustand bezeichnet man als „Dunkelperiode.“ Sie ist aber für unsere Prüfungen infolge der geringen Dauer ohne Belang. Da selbst bei den größten Isolatorenhohlräumen nur etwa 2 bis 3 kV für die Zündung benötigt und die Prüfungen mit Wechselspannungen zwischen 50 und 100 kV ausgeführt werden, erstreckt sich die Dunkelperiode nur über einen Bruchteil der Halbwelle, und der Hohlraum glimmt praktisch während der ganzen Halbwelle, so daß nur die gleiche Prüfzeit wie sonst erforderlich ist.

Im allgemeinen ist die Zündspannung von der Gasart und dem Gasdruck, von dem Durchmesser, der Länge und der Form des Entladungsraumes und von den Elektroden abhängig. Praktisch kommt nur Luft in Betracht, so daß sich die weiteren Untersuchungen nur auf diese zu beziehen brauchen.

Um die Ausdehnung der Glimmentladung in größeren Hohlräumen zu untersuchen, wurde vergleichsweise eine Glasglocke ähnlich dem Porzellanstützer aufgebaut. Die Elektrodenanordnung ist aus Bild 2 ersichtlich. Die Glocke mit einem lichten Raum von 500×250 mm Halbmesser

steht auf einer geerdeten Metallplatte, durch die das Verbindungsrohr zur Vakuumpumpe geht. Außen sind drei Metallfolien in etwa 100 mm Abstand herumgelegt und mit der am Kopf der Glocke aufgeklebten kreisförmigen Stanniolfolie parallel geschaltet. In der Mitte steht auf der Erdplatte ein Metallstab, entsprechend der in den Isolator eingeführten Drahtelektrode. Es besteht also grundsätzlich die gleiche Elektrodenanordnung wie bei den Hochspannungstützern, deren Kopf und Wandung auf Durchschlag geprüft werden. Wenn nun die Luft bis zu einem Druck von etwa 6 Torr abgepumpt und Wechselspannung angelegt wird, so bildet sich die in Bild 2 (ohne Vorbelichtung der photographischen Platte aufgenommen) ersichtliche Glimmentladung aus. Besonders dicht und lichtstark ist die Entladung unter der Folie am Kopf und in der Ebene der Metallbänder, so daß praktisch längs der ganzen Innenfläche der Glocke die Glimmschicht wie eine Elektrode anliegt. Es zeichnen sich dann die leuchtenden Schichten, das Glimmlicht unmittelbar vor der Erdelektrode (ähnlich dem negativen Glimmlicht bei Gleichstrom) und der Dunkelraum besonders deutlich ab, man kann also eine mit Wechselspannung gespeiste Glimmentladung in verdünnter Luft als eine den ganzen Raum erfassende Prüfelektrode verwenden.

In der vorstehend beschriebenen Prüfanordnung verteilt sich die Spannung auf die Wandung der Glasglocke bzw. des Isolators und die Glimmsäule. Da für die Prüfung die an der Wandung liegende Spannung wesentlich ist, wird untersucht, welcher Anteil der Gesamtspannung auf die Glimmsäule entfällt. Damit ist dann auch die eigentliche Prüfspannung der Wandung bekannt. Mit der Glimmsäule ist also eine Kapazität in Reihe geschaltet. Mit der entsprechenden Ersatzschaltung gemäß Bild 3 wird für die üblichen Abmessungen der Isolatorhöhlräume sowie für einige weit darüber hinausgehende Abstände die Zünd- und Brennspannung V der Glimmsäule in Abhängigkeit vom Elektrodenabstand A ermittelt. Die Untersuchungen werden in verdünnter Luft bei einem Druck von 4 bis 6 Torr durchgeführt, der auch bei den Isolatorprüfungen eingestellt wird und verhältnismäßig schnell zu erreichen ist. Die Zünd- und Brennspannungen sind in Abhängigkeit vom Elektrodenabstand für den Hohlraum von 40 mm und 275 mm ϕ in Bild 3 dargestellt.

Die Zündspannung ist identisch mit der Funkenspannung in Gasen von geringem Druck, die nach dem Paschenschen Gesetz nur eine Funktion des Produktes von Gasdruck p und Elektrodenabstand A sein soll, d. h. nur von der gesamten Gasmenge zwischen den Elektroden. Dieses Gesetz trifft für unsere großen Schlagweiten und weiten Entladungsräume nur angenähert zu. Auch nach Uytendhoeven [3], der die Zündspannung in Röhren mit Neogas untersuchte, liegt ein starker Einfluß des Durchmessers des Entladungsgefäßes vor, und zwar in dem gleichen Sinne, wie es aus Bild 3 hervorgeht, d. h. bei größerem Durchmesser des Entladungsraumes ist die Zündspannung niedriger.

Praktisch werden bei der Prüfung von abzuschmelzenden Porzellanstützern mit doppeltem Boden nur Elektrodenabstände bis zu 500 mm in Betracht kommen, da aus fabrikatorischen Gründen lichte Durchmesser von 1 m kaum überschritten werden und auch ein axial verlaufender Draht in den Hohlraum des zu prüfenden Isolators eingeführt wird. Von der Gesamtprüfspannung, die sich auf die Isolatorwandung und die Glimmsäule verteilt, entfallen nach Bild 3 also höchstens 2...3 kV auf die Brennspannung der als Prüfelektrode wirksamen Glimmentladung. Da, wie bereits eingangs erwähnt, bei der Prüfung der Hochspannungsstützer im allgemeinen mit Spannungen von 50...100 kV gearbeitet wird, ist also gegenüber der Prüfung mit Wasserelektroden nur eine sehr geringe Berichtigung erforderlich.

Zur Prüfung der Durchschlagfestigkeit der Wandung wird der Innenraum bis auf einen Druck von etwa 6 Torr

evakuiert. Dabei können mehrere Stützer gleichzeitig geprüft werden.

Die Anordnung der äußeren Elektroden erfolgt in bekannter Weise: um die Garnierstellen neben den Schirmen werden Metallbänder oder Ketten gelegt und durch den Schmelzstützen eine geerdete Drahtelektrode in das Innere eingeführt. Für die Wandung ist dann die Glimmentladung praktisch die „Erdelektrode“, deren Potential nach den vorher beschriebenen

Untersuchungen höchstens 2...3 kV beträgt.

Eine Kontrolle über die Wirksamkeit der inneren Glimmentladung ist jederzeit durch die Ausbildung der starken Gleit- und Glimmentladungen längs der äußeren Isolatorwandung möglich, wie sie sich bei Durchführungen zeigen. Parallel geprüfte Stützer, der eine mit Wasserfüllung und der andere mit evakuiertem Hohlraum und Glimmentladung, zeigen die starken elektrischen Felder und charakteristischen Gleitfunken. Im Gegensatz dazu zeigt ein Stützer mit Atmosphärendruck im Inneren bei gleicher Spannung an der Außenfläche keinerlei Entladungen. Stücke mit Fehlern in der Wandung werden nach dieser Methode zuverlässig ausgeschieden und schlagen durch.

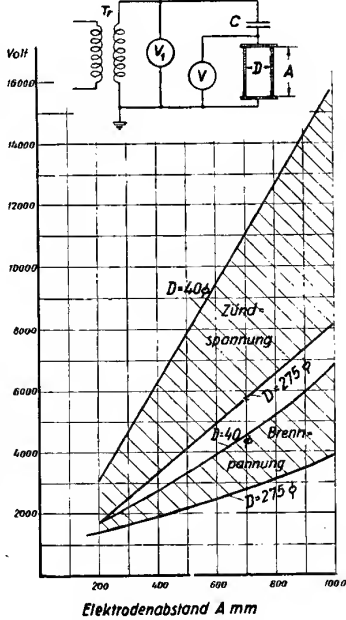


Bild 3 Ersatzschaltung, Zünd- und Brennspannung einer Luftsäule in Abhängigkeit vom Elektrodenabstand A und Hohlraum-Halbmesser $D = 40 \times 275$ mm bei 6 Torr

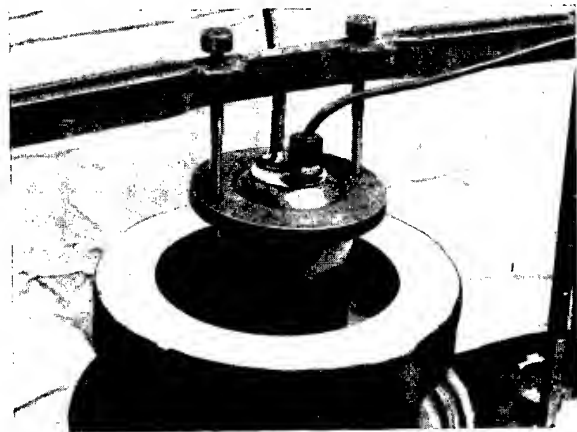


Bild 4 Füllen mit Stickstoff und Abschmelzen von Hohlraumstützern bei Überdruck

Ein überaus wichtiges Problem ist die Auswahl einer geeigneten Glassorte, die mit dem Porzellan eine innige Verbindung eingeht. Seine Wärmedehnungszahl und die des Porzellans müssen möglichst gleich groß sein oder sich soweit wie möglich nähern. Bei dem hier verarbeiteten Porzellan beträgt die mittlere lineare Wärmedehnzahl im Bereich von $20 \dots 400^\circ = 4,5 \cdot 10^{-6}$. Dagegen ist die Wärmedehnzahl des Glases etwas größer, und zwar im gleichen Bereich $9,1 \cdot 10^{-6}$. In Anbetracht der geringen

Dimension der Verschmelzungsstelle von Glas und Porzellan treten keine schädlichen Spannungen auf. Als weitere Eigenschaft wird vom Glas verlangt, daß es sich gut zu perlenartigen Stückchen ausziehen läßt, um es in eine geeignete Vorform zu bringen.

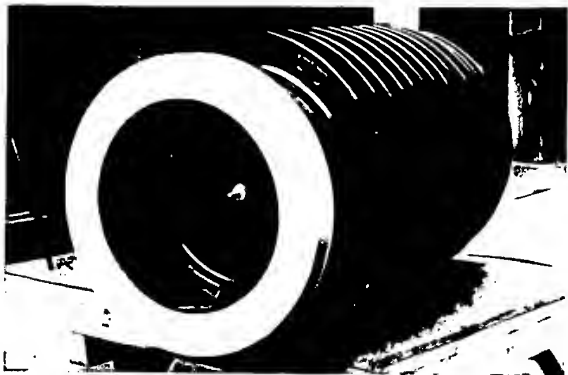


Bild 5 Bodenkörper mit Schmelzstützen von unten gesehen (110 kV-Leistungsschalter-Isolator)

Durch eine Spezialkombination von Füllprozeß und Abschmelzen unter einer gasdicht aufgepreßten Haube (Bild 4) gelingt es, den Innenraum auf einige Zehntel Atmosphären Überdruck gegenüber der Außenluft zu

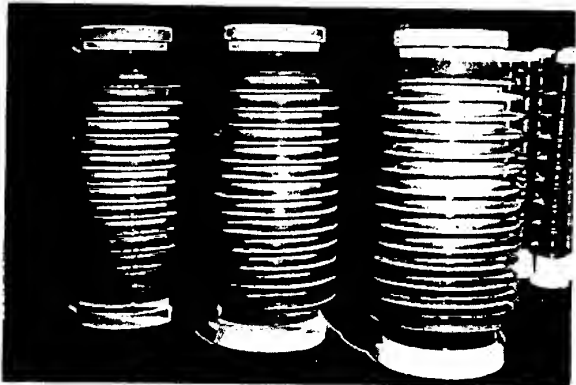


Bild 6 3 abgeschmolzene entladungsfreie 110 kV-Stützer bei Prüfung mit 262 kV

bringen. Der Überdruck gibt eine zusätzliche Gewähr für einwandfreies elektrisches Verhalten beim Überschlag und liefert gleichzeitig ein betriebliches Kontrollmittel, weil bei einer etwaigen undichten Schmelzstelle sofort

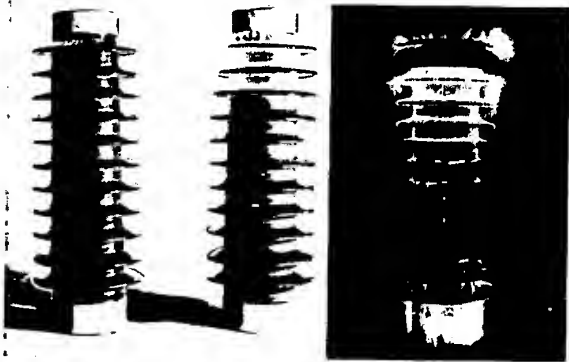


Bild 7 Unterteil des 220 kV-Trennschalterstützers mit abgeschmolzenem Boden bei Prüfung kurz vor dem Überschlag
links: guter entladungsfreier Stützer,
Mitte: Stützer mit leitendem Hohlraum, schlecht,
rechts: Aufnahme ohne Vorbelichtung. Stützer mit leitendem Hohlraum, schlecht

das Entweichen des Gases bemerkt werden würde. Nach dem Füllen mit trockenem Stickstoff und nach Erreichen des Überdruckes wird der Stützen mittels Glasperlen zugeschmolzen. Üblicherweise wird mit 1,2...1,5 atü Überdruck gefüllt. Ein höherer Druck wäre ohne weiteres möglich, er ist jedoch nicht erforderlich.

Nach dem Vorhergesagten darf also ein Stützer, dessen abgeschlossener Innenraum unter atmosphärischem Druck stehen soll, während des Abschmelzvorganges praktisch nicht erwärmt werden. Lediglich die kleine

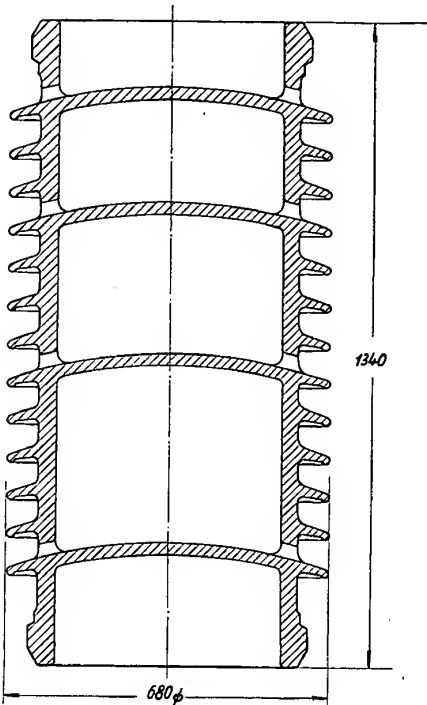


Bild 8 110 kV-Stützer mit belüfteten Zwischenräumen

Verschlußstelle darf auf Schmelztemperatur erhitzt werden. Dies setzt voraus, daß die Form des Abschmelzstützens eine rein örtliche Erhitzung ermöglicht, ohne das übrige starkwandige Porzellanstück thermisch zu gefährden. Der Abschmelzstützen wird deshalb gemäß Bild 5 aus der eigentlichen Bodenabschlußplatte herausgezogen und zu einer feinen Spitze geformt. Die Formgebung eines so kleinen Konstruktionsteiles an einem großen, schweren Porzellanstück erfordert naturgemäß besondere Übung und Erfahrung. Zum Schutz gegen Beschädigung bei der weiteren Montage wird eine Porzellankappe übergekittet.

Nach dem Abschmelzen sind alle Isolatoren ihrer Reihenspannung entsprechend mit 90 % des Überschlagwertes zu prüfen und müssen dabei entladungsfrei bleiben, denn nur solche Stücke sind hochspannungstechnisch verwendbar.

Bild 6 zeigt drei elektrisch gute, abgeschmolzene 110 kV-Stützer bei der Prüfung kurz vor dem Überschlag. Man sieht lediglich das Glimmen an den dünnen Drähten, die als provisorische Elektroden um den Kopf gezogen sind. In Bild 7 stehen bei derselben Überschlagsprüfung ein guter und ein schlechter Isolator nebeneinander unter gleicher Spannung. Der linke Isolator ist wieder vollkommen entladungsfrei, dagegen zeigt der mittlere unzulässiges Glimmen und Gleitentladungen zwischen den drei oberen Schirmen. Hier liegt eine gewisse Leitfähigkeit des Hohlraumes vor, und die Schmelzstelle muß noch einmal geöffnet werden, um eine trockene Stickstofffüllung einzubringen. Derartige Fälle kommen während der Fertigung gelegentlich vor. Wenn während der

Spannungssteigerung ähnliche Entladungen zwischen den Schirmen auftreten, muß die Prüfung sofort abgebrochen werden; auf keinen Fall soll die Spannung weiter erhöht werden, denn ein leitender Hohlraum bildet eine weit vorgeschobene Erdelektrode, und der am Kopf befindliche Boden von nur etwa 26 ... 40 mm Schichtstärke würde fast von der vollen Prüfspannung von 262 kV (bei Reihe 110) beansprucht werden, d. h. also mit einer Feldstärke von rund 65 ... 100 kV/cm. Damit ist die Gefahr eines sofortigen Durchschlages verbunden, und der Körper würde unnötigerweise zerstört werden. Er ist dem Lieferanten zurückzugeben, der in der Lage ist, den Fehler abzustellen. Die Glüh- und Gleitentladungen werden besonders anschaulich, wenn das Photo ohne Vorbelichtung, wie rechts in Bild 7, aufgenommen wird.

Die mechanische Festigkeit der abgeschmolzenen Bodenkörper wird durch den zweiten Boden nicht beeinträchtigt. Wenn es die konstruktiven Verhältnisse zulassen, den unteren Boden so tief zu legen, daß er in die Ebene des gefährdeten Querschnittes, also in die Höhe des eisernen Sockelrandes, gelegt werden kann, bringt das Verfahren im Gegenteil noch eine gewisse Erhöhung der Umbruchkraft und damit der Betriebssicherheit.

Für 400 kV werden Stützer mit mehrfacher Aufteilung in Frage kommen, und zwar wahrscheinlich aus drei Isolatoren von je 1200 mm Schlagweite bestehend. Der Bodenabschluß ist auch hier möglich und aus keramischen Fertigungsgründen mit der Lage der Schirme abzustimmen. Deshalb sollte der Konstrukteur sich über diese Fragen rechtzeitig mit der Porzellanfabrik in Verbindung setzen, ehe die Armaturenkonstruktionen abgeschlossen sind. Für die 400 kV-Anlagen ist wieder jeder Stützer-

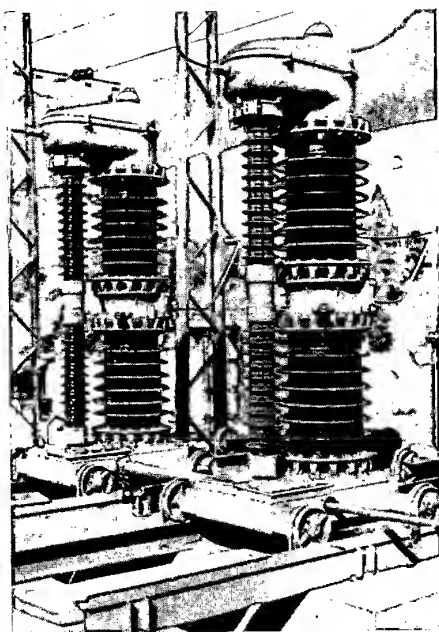


Bild 9 60 kV-Olstrahlschalter auf Stützern mit abgeschmolzenem Boden

abschnitt einzeln abzuschmelzen und bis zu seiner Überschlagnspannung zu prüfen. Die dem höheren Biegemoment entsprechenden größeren Durchmesser und damit auch größeren Hohlräume werden sich ebenfalls herstellen lassen, da bereits Erfahrungen über abgeschmolzene Bodenkörper mit lichten Durchmessern von 600 mm vorliegen.

Eine ganz andere Bauart zeigt Bild 8. Dies sind Mehrfach-Bodenkörper mit belüftetem Zwischenraum. Sie werden ebenfalls für Spannungen von 60 kV und

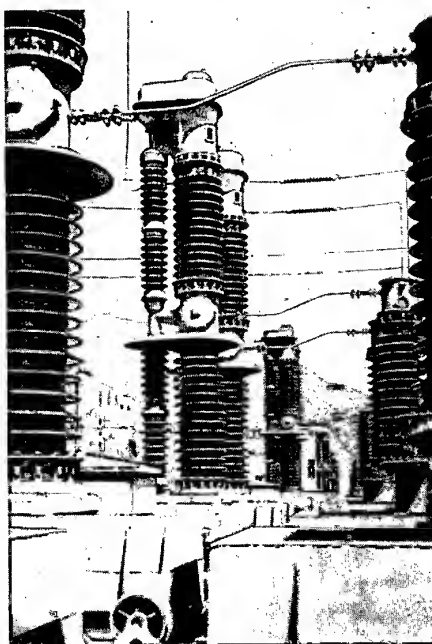


Bild 10 110 kV-Olstrahlschalter mit Stützern und Drehsäulen mit abgeschmolzenem Boden

darüber hergestellt. Dieser 110 kV-Stützer hat vier Zwischenböden, also drei Zwischenkammern. Jede Kammer ist durch zwei gegenüberliegende, etwa daumenstarke Öffnungen mit der freien Luft verbunden. Der ungünstigste Betriebs- und Überschlagnzustand tritt bei Nebel ein, weil sich dann die Spannung nur auf die vier Böden verteilt und diese voll auf Durchschlag beansprucht. Trotzdem wird diese Type von verschiedenen Werken, insbesondere im Ausland, laufend verwendet.

Die Bilder 9 ... 12 zeigen nunmehr noch einige Aufnahmen von praktisch ausgeführten Anlagen, in denen sich die vorher beschriebenen abgeschmolzenen Hohlstützer bewährt haben.

Bild 9 zeigt zunächst 60 kV-Leistungsschalter, die seit 1938 in ungestörtem Betrieb stehen. Es sind Olstrahlschalter, die auf dem stickstoffgefüllten Stützer mit einem

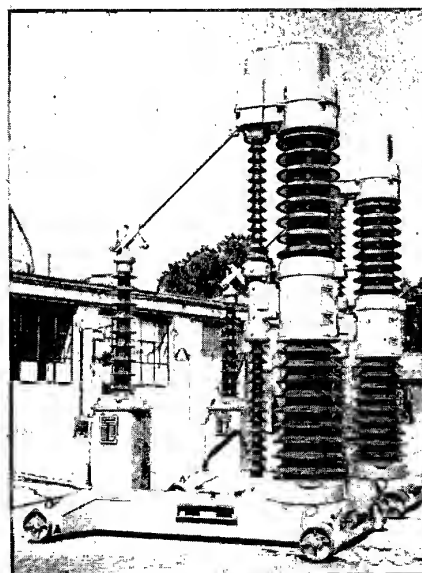


Bild 11 110 kV-Druckausgleichsschalter auf Stützern mit abgeschmolzenem Boden und ebensolchen Trennschalter-Isolatoren

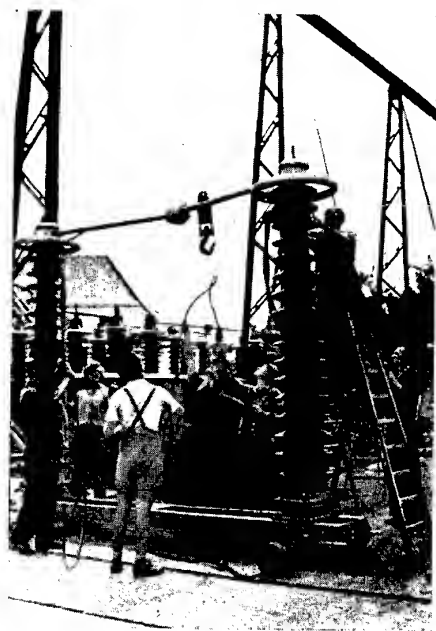


Bild 12 220 kV-Trennschalter mit Stützern mit abgeschmolzenem Boden

lichten Durchmesser von 230 mm und dementsprechend hoher Biegefestigkeit montiert sind. In der langen Betriebszeit haben sich an den Stützern keinerlei Entladungen gezeigt, d. h. der Verschluss ist unbedingt dicht. Ebenso wurden die Stützer FS 110 der bekannten 110 kV-Trennschalter mit Abschmelzung geliefert, die ebenfalls etwa zwölf Jahre im Betrieb sind und zu keiner Beanstandung Anlaß gaben. Sie werden auch weiterhin in dieser Art ausgeführt.

Eine größere 110 kV-Schaltanlage mit einem abgeschmolzenen schweren Stützertyp und Drehsäulen für hohe mechanische Beanspruchung zeigt Bild 10. Bild 11 zeigt einen Druckausgleichschalter für 110 kV, ebenfalls auf abgeschmolzenen Stützern montiert. Auch der links davon stehende Trennschalterstützer ist in der abgeschmolzenen Bauart ausgeführt.

Die Metallisierung keramischer Formteile für Hartlötung oder mehrfache Weichlötung

Von H. Dorn

Der Wunsch, auf keramischen Teilen eine festhaftende, lötfähige Metallschicht aufzubringen, besteht schon lange. Mit der Versilberung, die allgemein in der keramischen Industrie Eingang gefunden hat, sind jedoch noch nicht alle Forderungen, die an einen solchen Metallbelag gestellt werden, erfüllt worden. Wird nämlich auf dieser Silberschicht zu heiß oder zu lange weich gelötet, dann legiert sich das Lötzinn mit dem Silber und der gesamte Metallbelag löst sich vom keramischen Werkstoff ab; eine galvanische Verstärkung der Silberschicht durch Verkupfern oder Vernickeln schafft eine weitgehende Verbesserung, jedoch noch keine endgültig befriedigende Lösung. Wegen dieser relativ geringen Legierungsbeständigkeit ist eine Hartlötung überhaupt nicht durchführbar. Man versucht daher, Metalle auf keramische Teile aufzubrennen, die unter Beibehaltung möglichst hoher Haftfestigkeit Hart- oder Weichlötungen ermöglichen sollen, ohne daß zwischen aufgebrannter Metallschicht und Lot eine starke Legierungsbildung eintritt.

Dazu muß zunächst untersucht werden, welches Metall sich unter technisch tragbaren Temperaturen auf keramische Teile aufbrennen läßt und ob sich dieses auf-

Bei den 60 kV- und 110 kV-Stützern handelt es sich jeweils um einteilige Porzellane, die am oberen Ende einen fest eingeformten und von vornherein geschlossenen und am unteren Ende den ebenfalls miteingeformten Boden mit Schmelzstützen tragen. Im Gegensatz dazu wird beim zweiteiligen 220 kV-Material, wie z. B. bei den bekannten Stützern (Bild 12) der Gemeinschaftstrenner [4], der Isolator aus zwei Teilen gebildet. Jeder Teil ist für sich durch Doppelboden und Abschmelzung verschlossen und bietet so gegenüber Durchschlag größte Sicherheit. Die Fassungsstellen können ebenso wie bei den anderen Abdichtungsarten gekittet oder geklemmt sein.

Schrifttum

- [1] Vgl. DRP. 565 947 und 580 442.
- [2] K. Schaudinn, Stenag-Nachrichten Heft 16/17 (1938).
- [3] Uytendhoeven, Elektrische Gasentladungslampen, Julius Springer, Berlin 1938.
- [4] E. Maass, Elektrizitätswirtschaft Bd. 48 (1949), S. 258—263.

Aussprache

Herr J. Biermanns, Kassel: Zu der vom Herrn Vorredner angeschnittenen Frage bemerke ich noch, daß die Verwendung von reinem Stickstoff als Füllmittel eine besondere Bedeutung hat. Bei Anwesenheit von Sauerstoff würden Glimmentladungen im Inneren des Isolators zur Bildung von Stickoxyden und in weiterer Folge von salpetrigen Säuren führen, die von äußerst schädlichem Einfluß auf den Isolationszustand des Isolatorinnern sind.

Die Ausführungen von Herrn Dr. Schaudinn geben uns die Gewißheit, daß wir in Zukunft auf den Erhalt von Isolatoren rechnen können, die sowohl bezüglich ihrer äußeren als auch ihrer inneren Isolation den zu stellenden Anforderungen genügen werden. Dem Werk gebührt unser Dank für die geleistete Entwicklungsarbeit. Ich möchte aber in diesem Zusammenhang noch darum bitten, die weitere Entwicklung der sogenannten Vollkernstützer nicht zu vernachlässigen. Dieser Stützer, der bis zu Betriebsspannungen von 110 kV in befriedigender Ausführung zur Verfügung steht, ist seinem Aufbau entsprechend jedem Hohlstützer an Betriebssicherheit überlegen. Selbstverständlich gibt es Grenzen, oberhalb deren nur noch die Anfertigung von Hohlstützern in Frage kommt.

gebranntes Metall beim Weich- und insbes. beim Hartlöten im Lot löst. Es ist bekannt, daß sich hauptsächlich die Metalle der Eisengruppe (Fe, Ni, Co) dafür am besten eignen; auch die Metalle der Wolframgruppe (W, Mo) können verwendet werden. Doch hier soll in der Hauptsache von einer Metallisierung mit Eisen gesprochen werden, was im folgenden mit „Vereisung“ bezeichnet wird.

Da es sich beim Eisen um ein unedles Metall handelt, muß der Aufbrennprozeß auf jeden Fall in einer Atmosphäre erfolgen, die ein vollständiges Oxydieren der Eisenschicht verhindert; man bezeichnet diese als „Schutzgasatmosphäre“.

Im folgenden soll über 3 Vereisungsverfahren berichtet werden, die technisch darstellbar sind und die teilweise für die laufende Fabrikation gut geeignet und in dieser Richtung erprobt sind.

Erstes Verfahren:

Feines Eisenpulver mit dem Handelsnamen Carbonyl-eisen mit einer Korngröße von etwa $5 \cdots 10 \mu$ wird mit einem Suspensionsmittel, z. B. einem organischen Öl,

vermengt, auf den keramischen Körper aufgespinelt oder aufgespritzt und nach dem Trocknen in einem Ofen in schwach oxydierender Atmosphäre aufgebrannt; die anschließende Abkühlung erfolgt in reduzierender Atmosphäre.

Das Auf- bzw. Einbrennen des Eisens stellt man sich so vor, daß eine Oberflächenreaktion auftritt, bei der das Metalloxyd (dieses entsteht infolge der beim Aufheizen verwendeten schwach oxydierenden Atmosphäre) mit dem Silikat des keramischen Körpers reagiert und ein Mischkristall entsteht, der als Übergang zwischen dem Eisen und dem keramischen Werkstoff die gewünschte Haftfestigkeit bringt. Dies geschieht bei etwa 1250°. Eine reduzierende Atmosphäre bei der Abkühlung sorgt dafür, daß die Oberfläche der Eisenschicht wieder metallisch und damit lötfähig wird.

Zweites Verfahren:

Hierbei wird die genannte Suspension des Eisenpulvers auf einen keramischen Körper, der durch einen gesonderten Brand vorher glasiert wurde, aufgespinelt oder aufgespritzt. Bei dem nachfolgenden Metallisierungsbrand wird sowohl zum Aufheizen bis etwa 1150° wie zum Abkühlen reduzierende Atmosphäre verwendet. Der Aufbrennprozeß ist wohl so zu erklären, daß die Glasur flüssig wird und die kleinen Eisenteilchen teilweise zusammensintern und beim Abkühlen festglasieren. Zu bemerken ist, daß eine bleifreie Glasur verwendet werden muß, da ein vorhandenes Bleioxyd durch die reduzierende Schutzgasatmosphäre zu Blei reduziert würde, was eine Veränderung der Glasur zur Folge hätte, die Glasur würde sich stark verfärben.

Für das Gelingen der Metallisierung nach diesem Verfahren ist also eine Unterglasur notwendig, d. h. der keramische Körper muß mindestens an der Stelle, wo die Metallisierung erfolgen soll, glasiert sein. Wird aber die Metallisierung auf geschliffenen Teilen verlangt, dann würde dieses Verfahren versagen, weil ein Glasieren solcher Teile die durch das Schleifen erreichte Maßgenauigkeit wieder hinfällig machen würde. Für diesen Fall findet ein weiteres Verfahren Anwendung, das allgemein für unglasierte Teile geschliffen oder ungeschliffen in Frage kommt.

Drittes Verfahren:

Der Grundgedanke dieses Verfahrens liegt nun darin, Glasurbrand und Vereisenungsbrand zu vereinigen, und zwar derart, daß man das Eisenpulver mit einem gewissen Anteil Glaspulver mischt und durch ein Suspensionsmittel streich- bzw. spritzfähig macht. Brennt man nun dieses Gemisch in reduzierender Atmosphäre auf, so ist der Vereisenungsprozeß in einem Arbeitsgang erledigt.

Die Kennzeichen der genannten drei Verfahren sind kurz zusammengefaßt folgende:

1. Aufbrennen von Eisen auf keramische Teile unter Verwendung von schwach oxydierender Atmosphäre beim Hochheizen und reduzierender Atmosphäre beim Abkühlen.
2. Aufbrennen von Eisen auf glasierte Teile bei reduzierender Atmosphäre.
3. Aufbrennen von einem Eisen-Glasur-Gemisch auf keramische Teile bei reduzierender Atmosphäre.

Bei der nun folgenden Beurteilung der einzelnen Verfahren soll gleichzeitig ihre Eignung für eine laufende Fabrikation besprochen werden.

Eine einfache Überlegung ergibt, daß es bei dem Verfahren 1 mit schwach oxydierender Atmosphäre nicht leicht ist, den Sauerstoffgehalt der Schutzgasatmosphäre beim Hochheizen besonders für größere Brennräume so zu dosieren, daß zwar an allen Stellen genügend Metall-

oxyd entsteht, das eine Metallsilikatbildung ermöglicht, daß aber andererseits nicht zuviel Eisensilikat entstehen kann, weil noch genügend reduzierbares Eisen übrigbleiben muß, auf dem dann später die Lötung stattfinden soll.

Als Schutzgas kann man Flaschengase verwenden, und zwar stellt man die schwach oxydierende Atmosphäre dadurch her, daß man reinen Stickstoff durch ein Gemisch von Wasser und Schwefelsäure leitet, wodurch dem Stickstoff eine bestimmte Menge Feuchtigkeit beigegeben wird. Als reduzierende Schutzgasatmosphäre wird dann beim Abkühlen reiner Wasserstoff verwendet. Dieser Schutzgaswechsel kann aber nur in geschlossenen Ofen vorgenommen werden. Solche sind in Form von Rohr- oder Haubenöfen bekannt. Bei diesen muß jedoch für jeden Brand die Anheiz- und Abkühlzeit des Ofens abgewartet werden, was sich besonders bei der Fabrikation großer Stückzahlen zeitlich sehr nachteilig auswirkt. Alle diese Schwierigkeiten lassen das genannte Verfahren nur in Sonderfällen Anwendung finden.

Anders liegen die Verhältnisse bei den Verfahren 2 und 3, wo durchgehend eine reduzierende Schutzgasatmosphäre benötigt wird. Hier ist die Verwendung von sog. Durchstoß- bzw. Durchlauföfen ohne weiteres gegeben. Derartige elektrische Ofen, die mit und ohne Schutzgas

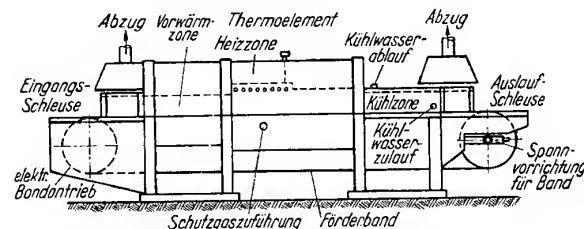
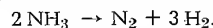


Bild 1 Schutzgas-Durchlaufofen

laufen können, werden von verschiedenen Firmen hergestellt. Das Prinzip eines solchen Ofens zeigt Bild 1. Die drei Zonen des Ofens sind leicht zu sehen: Vorwärmzone, Heizzone, Abkühlzone. Weiterhin sind Schutzgaszuführung, Kühlwasserzu- und -ableitung und Thermoelement zu erkennen. An den Türen, die je nach Bedarf geöffnet werden können, brennt das Schutzgas ab. Handelt es sich um einen Förderbandofen, so wird mittels einer besonderen Transporteinrichtung, deren Geschwindigkeit regelbar ist, ein endloses Chromnickel-Förderband durch den Ofen gezogen, wie es das Bild veranschaulicht. Bei Durchstoßöfen fällt diese Vorrichtung weg, da die Ware auf Unterlagen mit Hilfe von Stangen jeweils mit vorgeschriebener Geschwindigkeit durch den Ofen geschoben wird.

Das Schutzgas, das für solche offene Industrieöfen in Frage kommt, soll natürlich leicht zu beschaffen und billig sein. Gase aus Druckflaschen (z. B. Wasserstoff oder Wasserstoff und Stickstoff gemischt) werden für diese Ofen, bei denen mit einem Mindestgasverbrauch von etwa 3 m³/Std. zu rechnen ist, nicht angewendet. Geeigneter, wenigstens für kleinere Durchstoß- bzw. Durchlauföfen (bis etwa 3 m³/Std.), ist Ammoniak. Es ist dies das bekannte Gas, das sich durch seinen beizenden Geruch schon bei geringsten Konzentrationen bemerkbar macht. Um nun von dem in Druckflaschen beziehbaren Ammoniakgas ein brauchbares Schutzgas zu erhalten, muß das Ammoniakmolekül NH₃ in seine Bestandteile Stickstoff und Wasserstoff aufgespalten werden. Diese Trennung erfolgt ab einer Temperatur von etwa 800° nahezu vollständig, und zwar nach der einfachen Gleichung:



Ist das Ammoniakgas rein, d. h. wasser- bzw. sauerstofffrei, dann hat man nach der Spaltung ein Schutzgas, das aus 75 Vol% H₂ und 25 Vol% N₂ besteht. Verwendet

man als Heizleiter im Ofen ein Drahtmaterial, das bei einer Temperatur von etwa 800° an Luft keinen Schaden nimmt, so kann der Ofen bis zu dieser Temperatur hochgeheizt und dann das Ammoniakgas eingeleitet werden. Von dem an den Türen austretenden Wasserstoff-Stickstoff-Gemisch verbrennt der Wasserstoff mit dem Luft-

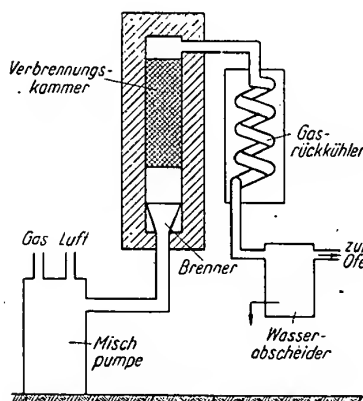
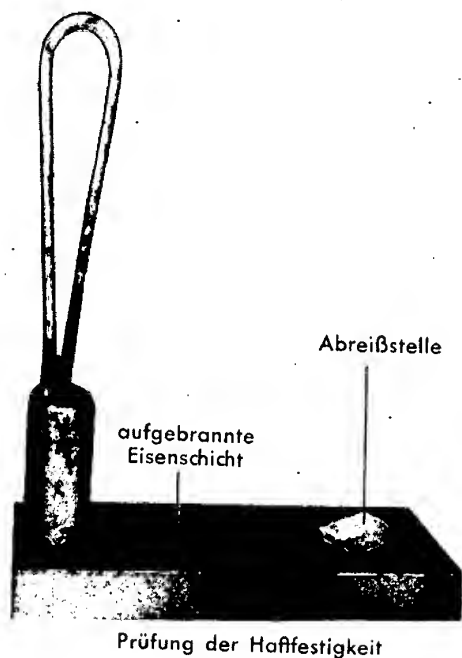


Bild 2 Schutzgaserzeuger für Leuchtgas

sauerstoff; die Flamme verhindert sozusagen den Zutritt von Sauerstoff in den Ofen, was vor allem beim Öffnen der Türen zum Einbringen bzw. Transport der Ware wichtig ist.

Für größere Durchlauföfen mit einer Öffnung von etwa 180 × 250 mm², die einen Schutzgasverbrauch von



Prüfung der Haftfestigkeit

Bild 3 Prüfung der Haftfestigkeit

10 m³/Std. und mehr haben, ist auch das Ammoniakgas nicht mehr rentabel; dann muß man teilweise verbranntes Leuchtgas verwenden. In einem für diesen Zweck besonders konstruierten Schutzgasaggregat wird das übliche städtische Leuchtgas zum Teil verbrannt und der Rest als Schutzgas in den Ofen geleitet. Bild 2 zeigt im Prinzip ein solches Schutzgasaggregat. Das städtische Leuchtgas wird mittels einer Mischpumpe mit Luft gemischt und in einen Brennraum geleitet. Dort findet eine teil-

weise Verbrennung des Gases statt; von dem restlichen Teil des Gases wird durch Rückkühlung und Wasserabscheider das Wasser entfernt. Das so entstandene Gas wird dann als Schutzgas in den Brennofen geleitet. Das Mischungsverhältnis Gas:Luft kann in weiten Grenzen geregelt werden. So erhält man z. B. bei einem Leuchtgas-Luft-Gemisch 1:2 etwa 4% CO₂, 14% CO, 15% H₂, 1,5% CH₄, der Rest ist N₂. Mit etwa 1...2% Feuchtigkeit ist gegebenenfalls noch zu rechnen, die aber durch geeignete Trockenvorlagen beseitigt werden kann.

Für Spezialanfertigungen, z. B. große Teile, die in den üblichen Durchlauföfen nicht durchgebracht werden können, ist es ratsam, geschlossene Öfen zu verwenden, etwa die bereits erörterten Haubenöfen; diese gestatten es, die Anheiz- und Abkühlzeit den gegebenen Verhältnissen weitestgehend anzupassen; auch kann dabei, da der Schutzgasverbrauch sehr gering ist, aus Druckflaschen ein Schutzgas geeigneter Zusammensetzung gewählt werden.

Für eine objektive Beurteilung der Güte und Brauchbarkeit solcher aufgebrannter Metallschichten ist es unerlässlich, Prüfmethoden festzulegen, nach denen die metallisierten Keramikteile untersucht werden können. Zwei Eigenschaften sind es, die dabei besonders interessieren:

1. die Haftfestigkeit der Metallschicht auf der Keramik und
2. die Legierungsbeständigkeit gegenüber Weich- und Hartloten.

Eine zwar ungenaue, jedoch mindestens Richtung gebende Methode zur Prüfung der Haftfestigkeit ist es, die Metallschicht mit einem scharfen Messer abzuschaben. Richtiger ist es natürlich, die Größe der Haftfestigkeit durch Angabe eines Abreißwertes zu bezeichnen. Zu diesem Zweck lötet man eine am Ende verdickte Drahtschlinge auf die Metallschicht eines Probestabes weich auf, und zwar so, daß bei den einzelnen Lötstellen stets eine annähernd gleich große Lötfläche zugrunde gelegt werden kann. Bei den Prüfungen betrug diese Fläche 20 mm². Diese aufgelötete Drahtschlinge wird dann in einer Abreißvorrichtung so lange durch Gewichtszugabe belastet, bis sie von dem Keramikkörper abreißt. Wird nun (wie das Bild 3 zeigt) mit dieser Schlinge auch keramischer Werkstoff aus dem Prüfstab herausgerissen, so hat die Haftfestigkeit der Metallschicht auf dem Keramikkörper ihr Maximum erreicht, d. h. sie liegt höher als die Zugfestigkeit des keramischen Materials an dieser Stelle. Liegen die Werte der Zugfestigkeit des keramischen Werkstoffes relativ niedrig (z. B. bei den Hartporzellanen), so kann man mit der größtmöglichen Haftfestigkeit der Metallisierung auch nur einen entsprechend niedrigen Abreißwert erreichen. Wird also keramischer Werkstoff mit herausgerissen, so ist der gemessene Abreißwert immer nur ein relativer Wert. Bei dem üblicherweise für die Vereisung verwendeten Material der Stomag mit dem Handelsnamen „Frequenta“ wurden Werte von etwa 60 kg/20 mm² erreicht. In den meisten Fällen wurde mehr oder weniger Keramik mit herausgerissen.

Die Prüfung der Legierungsbeständigkeit kann auch durch Messen der Haftfestigkeit in Abhängigkeit von den verwendeten Löt- bzw. den Schmelzpunkten der Lote und der Lötdauer festgelegt werden. Wie die näheren Zusammenhänge zwischen diesen eben genannten Größen aussehen, soll anschließend kurz besprochen werden.

Bekannt ist — wie schon eingangs erwähnt —, daß zwischen Silber und Lötzinn beim normalen Weichlötprozeß sehr leicht eine Legierungsbildung auftritt, die zum vollständigen Auflösen des Silbers im Lötzinn führen kann. Man kann diese Legierungsbildung einigermaßen dadurch verhindern, daß man niedrig schmelzende Weichlote verwendet und den Lötprozeß so kurz wie

möglich macht. Weiterhin ist auch die Zusammensetzung der Lote für die Legierungsbildung verantwortlich; so legieren z.B. wismuthaltige Weichlote aufgebrannte Silberschichten besonders stark auf.

Anders liegen die Verhältnisse bei aufgebrannten Eisenschichten. Diese sind durch niedrig- und hochschmelzende Weichlote auch bei langdauernden Lötprozessen praktisch nicht aufzulegen, eine Eigenschaft, welche die Eisenmetallisierung auf Keramik für solche Fälle besonders geeignet macht. Eine weit größere Gefahr zur Legierungsbildung ist für Eisen beim Hartlöten mit den üblichen Silber-Kupfer-Hartloten gegeben, wo bei nicht sachgemäß durchgeführter Lötung die gleiche Erscheinung des Ablösens des gesamten Metallbelages von der Keramik auftreten kann, wie es oben bei den Weichloten auf Silberschichten aufgezeigt wurde. Einerseits ist eine Hartlötung bekanntlich nichts anderes als eine Legierungsbildung an der Grenzschicht zwischen Metallteil und Lot, andererseits will man aber gerade bei den dünnen Metallschichten, wie man sie bei der eisenmetallisierten Keramik vor sich hat, eine zu starke Legierungsbildung verhindern. Der Lötprozeß muß also so geführt werden, daß das richtige Maß an Legierung erreicht, jedoch nicht überschritten wird. Kurzzeitiges Löten verhindert auf jeden Fall ein Auflegieren der Eisenschicht und bringt eine brauchbare Metall-Keramik-Verbindung. Bei größeren Teilen kann man mit Rücksicht auf die Empfindlichkeit keramischer Werkstoffe gegenüber raschen Temperaturänderungen so vorgehen, daß bis nahe an die Arbeitstemperatur des Lotes langsam hochgeheizt wird und dann der eigentliche Lötprozeß durch schnelleres Weiterhochheizen eingeleitet und durch schnelles Abkühlen bis zum Erstarren des Lotes abgeschlossen wird; die restliche Abkühlung kann dann wieder langsam erfolgen.

Die Anwendung der vereiserten Keramik in der Technik ist vielseitig. Für Weichlötungen jeglicher Art gibt es keine Schwierigkeiten. Einsatzmöglichkeiten bestehen hauptsächlich dann, wenn große Flächen gelötet werden sollen oder aus anderen Gründen der Lötprozeß lange andauern muß; man kann dabei z. B. an Durchführungen denken, die in Deckel eingelötet werden sollen; da die Wärmeabführung an den Metalldeckeln relativ groß ist, muß die Lötstelle lange erwärmt werden, bis das Lot rund um die Durchführung geflossen ist; hierfür ist also die Eisenmetallisierung sehr vorteilhaft.

Der eigentliche Zweck, für den diese Vereisung geschaffen wurde, ist jedoch die Verwendung für hartgelötete Metall-Keramik-Verbindungen. Als Hartlötung sei in diesem Zusammenhang eine Lötung bezeichnet, die unter Schutzgas mit einem Lot durchgeführt wird, dessen Arbeitstemperatur über 500° liegt. Die Begriffe Keramik-Metall-Verbindung und hohe Temperatur führen uns unmittelbar zu den Problemen der Wärmedehnung und der Temperaturwechselbeständigkeit der verwendeten Stoffe. Probleme der Wärmedehnung treten auf, weil bei den verschiedenen großen Wärmedehnungszahlen von Keramik und Metall an der Lötstelle Spannungen auftreten, die zur Zerstörung des keramischen Körpers führen können. Temperaturwechselbeständigkeit des keramischen Materials muß gegeben sein, weil schnell gelötet werden soll und darum mindestens nahe dem Schmelzpunkt des Lotes schnelle Temperaturänderungen erforderlich sind.

Aus dem letztgenannten Grunde ist es nur in Ausnahmefällen möglich, metallisierte Keramik mit der Flamme hart zu löten. Es gelingt dies nur bei einem keramischen Werkstoff, der eine größtmögliche Temperaturwechselbeständigkeit hat und gewisse geometrische Abmessungen nicht überschreiten darf. Versuche in dieser Richtung wurden an Rohrheizkörperendverschlüssen gemacht, die bei geschickter Flammenführung zu brauchbaren Ergebnissen geführt haben. Bild 4 zeigt einen auf diese Weise hartgelöteten Rohrheizkörper. Die Verwendung eines Flußmittels bei derartigen Lötungen ist un-

bedingt erforderlich, was natürlich die Gefahr mit sich bringt, daß Flußmittelreste in der Lötfläche zurückbleiben, wodurch Undichtigkeiten auftreten können. Daher stellt das Hartlötverfahren im Schutzgasofen trotz des größeren Aufwandes ein umfassenderes Anwendungsgebiet dar.

Eine solche Hartlötung wird wie üblich vorbereitet: die zu lötenden Teile werden zusammengesetzt und das Lot an die entsprechenden Stellen gebracht. Unter Schutzgas (meist gespaltenes Ammoniak) werden die Teile auf die Arbeitstemperatur des Hartlotes gebracht; dieses fließt dann ohne Hilfe von Flußmitteln in die

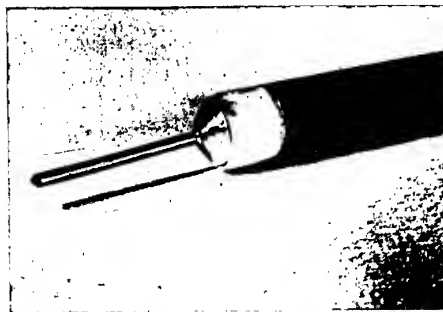


Bild 4 Hartgelöteter Rohrheizkörper-Endverschluß

Lötfläche. Je besser die Ausdehnungskoeffizienten von Keramik und Metall übereinstimmen, desto sicherer kann für das Gelingen der Hartlötung garantiert werden. Denn gerade die Spannungen, die vom Erstarren des Lotes an beim Abkühlen auftreten, sind es, die das keramische Material bis zum Bruch beanspruchen können. Eine auf diese Weise mißlungene Hartlötung zeigt Bild 5. Verwendet wurde ein Frequenzrohr mit einem Außendurchmesser von 30 mm und einer Wandstärke von 7,5 mm, auf das eine Eisenkappe mit einer Wandstärke von 1 mm hart aufgelötet wurde. Das Absprengen des keramischen Rohres erfolgte nicht vielleicht durch zu schnelles Erwärmen oder Abkühlen, sondern ausschließlich durch die an der Lötstelle auftretenden Schub- und Scherkräfte, die



Bild 5 Keramikteil, nach der Hartlötung zersprungen

durch die verschiedenen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Keramik und Metall entstanden sind. Die linearen Wärmeausdehnungszahlen sind für Frequenta $60 \cdot 80 \times 10^{-7}$ ($20 \dots 100^{\circ}\text{C}$) und für Eisen 145×10^{-7} ($0 \dots 1000^{\circ}\text{C}$). Diese Spannungen werden weitgehend vermieden, wenn man das aufzulötende Metallteil z.B. aus Kovar (eine Nickel-Eisen-Kobalt-Legierung) mit einer linearen Wärmeausdehnungszahl von 56×10^{-7} ($25 \dots 500^{\circ}\text{C}$) oder eine 50proz. Ni-Fe-Legierung mit einer linearen Wärmeausdehnungszahl von 89×10^{-7} ($0 \dots 100^{\circ}\text{C}$) verwendet.

Bei der konstruktiven Gestaltung der Lötfläche muß berücksichtigt werden, daß die Zugfestigkeit der keramischen Werkstoffe relativ klein; die Druckfestigkeit da-

gegen um ein Vielfaches größer ist. Als Beispiel seien die Werte von Frequentia genannt:

Zugfestigkeit 600—1 000 kg/cm²

Druckfestigkeit 9000—10 000 „ „

Das Metallteil wird also in Form einer Kappe oder eines Ringes auf den rohrförmigen Keramikkörper aufgelötet und schrumpft dann beim Abkühlen nach dem Erstarren des Lotes selbsttätig auf das Keramikrohr auf, was noch zu einer Verbesserung der mechanischen Festigkeit der Lötstelle führen kann. Treten jedoch infolge zu großer Differenzen in den Wärmeausdehnungszahlen zu starke Spannungen auf, so bleibt eine Zerstörung des keramischen Körpers nicht aus.

Ein eindrucksvolles Anwendungsgebiet der Metall-Keramik-Hartlötung ist beim Bau von hochbelastbaren Metall-Keramik-Vakuumgefäßen gegeben, die im Betrieb erhebliche Übertemperaturen aushalten müssen. Versuche in dieser Richtung wurden ausgeführt, und zwar besonders in Hinblick darauf, daß die Lötstelle auch nach mehrmaligem Hochheizen vakuumdicht sein muß. Ein an der Stirnfläche vereisenter Topf aus Frequentia wurde durch eine Metallkappe abgeschlossen und die Verbindungs-

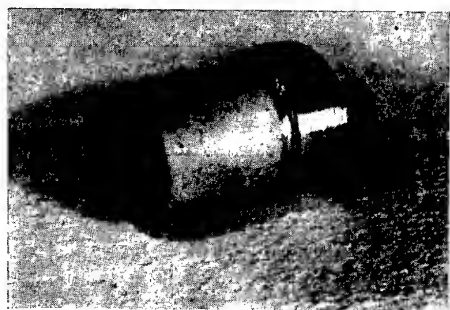


Bild 6 Keramisches Rohr mit hart aufgelöteter Metallkappe

stelle Metall—Keramik hartgelötet; dann wurde dieses Teil mehrmals auf etwa 700° erwärmt, eine Belastung, die eigentlich schon über den Temperaturen liegt, bei denen ein Vakuumgefäß mit eingebauten Elektroden normalerweise ausgeheizt wird. An einer Durchbohrung des Metalldeckels wurde dann ein Vakuumprüfer angebracht, in dem Gefäß ein Vakuum von $2 \cdot 3 \times 10^{-6}$ Torr hergestellt und dann die Absaugleitung am Gefäß abgeschmolzen. Auch nach mehreren Monaten konnte noch keine Veränderung des Vakuums festgestellt werden. Bild 6 zeigt eine ähnliche Hartlötung. Es ist dies ein Keramikrohr, dem als Abschluß eine Metallkappe hart aufgelötet wurde. Selbstverständlich ist bei solchen Hartlötungen die Verwendung eines Hartlotes notwendig, das nicht infolge niedrig schmelzender Bestandteile beim Ausheizen eine Verschlechterung des Vakuums bewirkt. Es gibt für diesen Zweck ausgesprochene Vakuumlote, die sogenannten „Eutektikum“-Lote; diese haben den niedrigsten Schmelzpunkt der Legierung der beiden zu verbindenden Metalle, z. B. 72% Ag und 28% Cu für Silber-Kupfer-Lot mit einem Schmelzpunkt von 779° C. Die Grenze der Hartlöttemperatur liegt bei den mit Glasur hergestellten Eisenschichten bei etwa 850°, bei den ohne Glasur hergestellten Eisenschichten bei etwa 1100°.

Ein vereisenter keramischer Körper wird wohl in den seltensten Fällen unmittelbar nach der Metallisierung zur Hart- oder Weichlötung weiter verarbeitet. Daher ist ein Korrosionsschutz erforderlich, da Eisen als unedles Metall je nach Beschaffenheit der umgebenden Atmosphäre früher oder später zu rosten beginnt. Eine galvanische Verkupferung oder Vernickelung ist ohne Schwierigkeiten durchzuführen, doch es genügt bereits ein dünner Kupferüberzug, der durch kurzzeitiges Ein-

tauchen in ein CuSO₄-Bad hergestellt werden kann; denn man benötigt bei vereisenten Teilen keine galvanische Verstärkung wie beim Silber, sondern nur einen dünnen Schutzüberzug; die Lötbarkeit der Metallschicht wird dadurch verbessert, die Haftfestigkeit der Eisenschicht nicht beeinträchtigt.

Für eine Metallisierung, die in einer mehr oder weniger stark reduzierenden Schutzgasatmosphäre erfolgen muß, sind nur solche keramischen Werkstoffe geeignet, die durch den reduzierenden Brand keine Veränderung ihrer Eigenschaften erfahren. Es sind dies in der Hauptsache die überwiegend magnesiumsilikathaltigen und die überwiegend tonsubstanzhaltigen Erzeugnisse; erstere als Steatit oder Sondersteatite (z. B. das bereits erwähnte Frequentia), letztere als Hartporzellane bekannt. Erzeugnisse mit hohem Gehalt an Titandioxydverbindungen (die sogenannten Kondensatormassen) jedoch sind für die bezeichnete Metallisierung ungeeignet, weil die Oxyde beim Brand reduziert und damit besonders die elektrischen Eigenschaften stark verschlechtert werden; außerdem ist auf diesen Werkstoffen eine nur ungenügende Haftfestigkeit zu erzielen.

Nach den Darlegungen dieses Vortrages lassen sich die meisten in der Fach- und Patentliteratur bekanntgewordenen anderen Metallisierungsverfahren leicht verstehen. Herausgegriffen seien davon das durch die Veröffentlichungen und Patentschrift von Vatter bekannte Verfahren, die Metallschicht unter Vakuum aufzubrennen; weiterhin kann nach der Patentschrift von Dobke ein Metalloxyd bzw. Metallhydroxyd auch schon vor dem Garbrand des keramischen Körpers aufgebracht werden; sodann ist es möglich, Metalle wie Mo, W u. a. aufzubrennen. In der schweizerischen Patentliteratur ist vor allem ein Verfahren erwähnt, nach dem Metalle wie Eisen, Kupfer und dgl. unter Zusatz von Fluoriden auf die Keramik aufgebracht werden. In der amerikanischen Literatur wird ein Verfahren beschrieben, bei dem durch Zusatz von Mangan zu einer Eisen-Molybdän-Suspension besonders gute Resultate erzielt werden sollen. Weiterhin sind auch Verfahren bekanntgeworden, nach denen Metallteil und Keramikteil in einem Arbeitsgang vakuumdicht miteinander verbunden werden können, nämlich durch den in der amerikanischen Literatur veröffentlichten Titanhydridprozeß, bei dem Titanhydrid die vakuumdichte Verbindung von Metallteil und dem vorher nicht metallisierten Keramikteil durch Hartlot bewerkstelligt.

Eine eingehende Schilderung dieser einzelnen Verfahren würde über den Rahmen dieses Vortrages weit hinausgehen, da hier eigentlich nur das Vereisungsverfahren herausgegriffen und einer eingehenden Betrachtung unterzogen wurde.

Schrifttum

- H. Vatter: Vakuumdichte Keramik-Metall-Verbindungen. Feinmechanik und Präz. 50 (1942), 165—169.
- H. Vatter: DRP 736 133.
- E. Albers-Schönberg: Die Metallisierung keramischer Werkstücke. Gas- u. Elektrowärme 1944 Heft 1.
- G. Dobke: DRP 750 810.
- I. Karmaus: Metallüberzüge auf keramischen Körpern und Verbinden von keramischen Gegenständen untereinander oder mit Metall oder mit Glas. Sprechsaal 83 (1950), 141—145.
- F. Reinhardt: Keramische und metallische Körper. Sprechsaal 84 (1951), 5—7.
- I. Nolte und F. Spurek: Metal-Ceramic Sealing With Manganese. Tele Vision Engineering Nov. 1950, 14—18.
- R. K. Bondley: Metal-Ceramic Brazed Seals. Electronics, Juli 1947, 97—99.
- J. H. Partridge: Glass-To-Metal Seals. Published by The Society of Glass Technology „Elmfield“ 1949.
- K. Lohausen: Hartlötten unter Schutzgas. VDI-Zeitschrift 91 (1949), 89—93.
- W. Dawidl u. F. Pawlek: Lötöfen mit elektrischer Heizung für Hartmetallwerkzeuge. Werkstatt und Betrieb 84 (1951), 41.
- O. Erbacher: Über eine neue Methode des Korrosionsschutzes von Metallen in Elektrolyten durch einatomare Bedeckung mit einem edleren Metall. Archiv für Metallkunde 3 (1949), 409—413.
- E. Spe u. Knoll: Werkstoffkunde der Hochvakuumtechnik, Berlin 1936.
- Schweizer Patentschrift Nr. 259 769.

Aussprache

Herr R. Firmenich, Bergisch-Gladbach: Lassen sich die im Vortrag geschilderten Verfahren auch wirtschaftlich für die kleinsten keramischen Durchführungen, z.B. nach DIN 41108 durchführen?

Vortragender: Grundsätzlich lassen sich die genannten Verfahren an allen Teilen, die zur Versilberung geeignet sind, auch anwenden. Die Größe der Teile wird bestimmt durch die Größe des zur Verfügung stehenden Ofens. Die Wirtschaftlichkeit ergibt sich bei sehr kleinen Teilen — genau wie bei der Versilberung — aus der bestmöglichen Ausnutzung des Brennraumes.

Herr G. Büttner, Porz/Rhein: Kann die Eisenmetallisierung keramischer Formteile in allen Fällen die Platinierung ersetzen?

Vortragender: Was Lötdauer und Verwendung höher schmelzender Weichlote anlangt, ist die Vereisenung der Platinierung mindestens gleichzusetzen. Die Korrosionsbeständigkeit ist bei Platin sehr gut; bei der Eisenschicht ist jedoch zu beachten, daß es sich hierbei um ein leicht korrodierendes Metall handelt, das aber durch geeignete Überzüge (z.B. Kupfer) weitestgehend geschützt werden kann. Für Hartlötungen ist auf jeden Fall der Eisenmetallisierung der Vorzug zu geben.

Herr H. Stabe, Frankfurt/M.: Es interessiert die Frage, wie dick die Eisenschicht ist oder gefertigt werden kann.

Vortragender: Die für Weich- bzw. Hartlötungen normalerweise aufgebrannten Eisenschichten haben eine Dicke von ca. 20 μ . Es kann durch Aufpinseln einer dickflüssigeren Eisenpulversuspension eine dickere Metallschicht erzielt werden (bis zu einigen Zehntelmillimetern); dabei muß jedoch berücksichtigt werden, daß bei diesen dicken Eisenschichten die Verschiedenheit der Ausdehnungskoeffizienten von Keramik und Eisen bereits wesentlich ins Gewicht fällt.

Herr E. Flegler, Aachen: Von dem Herrn Vortragenden wurden auch verschiedene Schwierigkeiten erwähnt, die bei dem Aufbringen von Metallschichten, insbesondere Eisenschichten auf keramisches Material entstehen. Soviel mir bekannt ist, stellt eine ausländische Firma (Sirco, Zürich) aufgedampfte oder aufgespritzte Eisen- und Kupferschichten her, die mechanisch sehr haltbar sein sollen. Liegen über die Erzeugnisse dieser Firma irgendwelche Erfahrungen vor?

Vortragender: Über die von der genannten Firma hergestellten Metallisierungen liegen bei uns leider keine Erfahrungen vor.

Gruppe D — Schaltgeräte und Überspannungsschutz

Einführung

Von H. Weber

Die Vortragsgruppe D „Schaltgeräte und Überspannungsschutz“ umfaßt ein Sachgebiet aus der Starkstromtechnik, das in den letzten 25 Jahren sehr große Fortschritte gemacht hat. Wir haben aus diesem Gebiet 3 Vorträge ausgewählt, und zwar je einen aus dem Gebiet der Niederspannungsschaltgeräte, der Hochspannungsschaltgeräte und des Überspannungsschutzes.

Auf dem Gebiet der Niederspannungsschaltgeräte ist die Lösung des Problems der Kurzschlußfestigkeit in den letzten 20 Jahren immer vordringlicher geworden, da die Kurzschlußleistung der Netze immer mehr angestiegen ist. Dieses Problem konnte bisher weder von den Geräteherstellern noch in der Fassung der einschlägigen Regeln zufriedenstellend gelöst werden. Vor 25 Jahren hat es noch keine kurzschlußfesten Sicherungen höherer Nennstromstärke gegeben, die selektiv abschalteten. Es war damals nicht möglich, größere Netzteile zusammenzuschließen und zu vermaschen. Inzwischen ist dieses Problem durch die Entwicklung von Hochleistungssicherungen gelöst worden.

Ich möchte hier noch auf eine Tatsache hinweisen, die oft übersehen wird. Während man vor etwa 20 Jahren die Wirkung der Kurzschlußströme meist unterschätzt hat, besteht heute vielfach die Gefahr, die Niederspannungsnetze immer weiter zu vergrößern und die dann theoretisch errechneten Kurzschlußströme als Maßstab für die Bemessung der Apparate und Sicherungen anzusetzen. Dabei kommt man zu Stromwerten, die mit normalem Aufwand nicht mehr zu beherrschen sind. Es wird dabei sehr oft nicht berücksichtigt, daß kleine Sammelschienenenteile, Schalter u. dgl. und auch der fast immer vorhandene Lichtbogen bei Niederspannungskurzschlüssen den Kurzschlußstrom sehr stark reduzieren, sobald der theoretische Wert 10 000...20 000 A übersteigt.

In zunehmendem Maße werden Selbstschalter für den Schutz der Leitungen, Motoren und anderen Verbrauchern eingesetzt. Diese Selbstschalter haben eine Reihe von Vorzügen, aber auch eine Reihe von Nachteilen gegenüber den früheren an ihrer Stelle verwendeten Sicherungen. Einer der Hauptnachteile von

Selbstschaltern ist ihre gegenüber Sicherungen begrenzte Kurzschlußfestigkeit. Sollen Schalter dieser Art in Anlagen zur Anwendung kommen, deren Kurzschlußleistung die Festigkeit der Schalter übersteigt, so müssen Maßnahmen getroffen werden, die den Schalter vor Zerstörung bewahren. Im allgemeinen werden Sicherungen oder Schalter hoher Kurzschlußfestigkeit vorgeschaltet. In vielen solchen Fällen wird aber in Ermangelung einschlägiger Dimensionierungsrichtlinien nicht immer zweckmäßig verfahren. Die vorgeschaltete Sicherung z. B. soll lediglich von dem Kurzschlußstromwert an abschmelzen, der von dem Schalter selbst nicht mehr bewältigt werden kann.

Wenn der folgende Vortrag des Herrn Dr. Möller sich auch vorwiegend mit dem Thema „Motorschuttschalter“ befaßt, so werden Ihnen im Laufe des Vortrages doch Probleme aufgezeigt, die bei Niederspannungsselbstschaltern ganz allgemein Bedeutung haben.

In dem Vortrag des Herrn Kirch berühren wir ein Gebiet, auf dem Deutschland vor dem Kriege führend war. Nach dem Krieg konnten wir erfreulicherweise feststellen, daß das Ausland uns hier noch nicht überholt hat und die Hochspannungsschaltechnik der deutschen Starkstromtechnik noch mit an der Spitze liegt, obwohl in Deutschland auf diesem Gebiet fast alle Entwicklungsstätten zerstört oder demontiert waren. Das Ausland, insbesondere die USA, das unseren ökonomischen Schaltern lange Zeit mit Vorbehalt begegnet war, hat sich in den letzten Jahren in steigendem Maße ebenfalls der Entwicklung dieser Schalter zugewendet. Der Vortrag des Herrn Kirch wird uns einen Ausschnitt aus dem Stand der Technik auf dem Gebiet der Expansionsschalter geben.

Herr Parschalk wird uns über die Anforderungen berichten, die an Überspannungsschutzgeräte heute gestellt werden, und erläutern, wie die einzelnen Schutzpegel gegeneinander innerhalb der Hochspannungsanlagen abgestimmt werden sollen. Auf diesem Gebiet wird zur Zeit sehr intensiv in der VDE-Kommission 0111 gearbeitet. Wir haben hier gegenüber dem Ausland auch noch etwas aufzuholen.

Kurzschlußfeste Motorschutzschalter

Von J. Moeller

Die Leitsätze für Motorschutzschalter mit thermisch verzögerter Überstromauslösung (VDE 0665/1930) nennen die verschiedenen Ausführungsformen für Motorschutzschalter und erwähnen, daß in der Praxis vorzugsweise folgende Ausführungsformen gewählt werden:

1. Überstromselbstschalter mit thermischer Verzögerung und Freiauslösung,
2. Überstromselbstschalter mit thermischer Verzögerung, Freiauslösung und zusätzlicher, nicht verzögerter elektromagnetischer Auslösung.

Nach den Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Schaltgeräten bis 500 V Wechselspannung und 3000 V Gleichspannung in der Fassung VDE 0660 vom September 1939 werden derartige Schalter in Schaltleistungsgruppen eingeteilt.

Der induktionsfreie Prüfstrom für die Gruppe I beträgt 500 A, für die Gruppe II 1500 A, für die Gruppe III 5000 A, während für die Gruppe IV keine Festlegung getroffen wurde. Dieser Prüfstrom muß zehnmal aus- und fünfmal eingeschaltet werden können, und zwar inner-

halb 30 Minuten. Für die Geräte der Schaltleistungsgruppe I wird folgende Sicherungsvorschrift gemacht:

„Wenn der in der Zuleitung bis zum Motorschutzschalter auftretende Spannungsabfall bei Kurzschluß den Strom nicht auf 500 A begrenzt, darf der Nennstrom der nächst vorgeschalteten Sicherung nicht größer als 100 A sein. An Stelle der Sicherung kann ein Überstromschalter, der bei 400 A unverzüglich auslöst, vorgeschaltet werden, womit allerdings nur schädliche Folgeerscheinungen eines größeren Kurzschlusses für das Netz vermieden werden. Ein Schutz für den Motorschutzschalter ist hierdurch im allgemeinen nicht gegeben.“

Die entsprechende Vorschrift für die Geräte der Schaltleistungsgruppe II lautet:

„Wenn der in der Zuleitung bis zum Motorschutzschalter auftretende Spannungsabfall bei Kurzschluß den Strom nicht auf 1500 A begrenzt, muß ein Überstromschalter vorgeschaltet sein, der bei 1000 A unverzüglich abschaltet, oder eine entsprechend wirkende Sicherung, wobei sinngemäß die vorgenannten Bemerkungen zu beachten sind.“

Bei den Überstromselbstschaltern mit thermischer Verzögerung und Freiauslösung muß naturgemäß eine Sicherung vorgesehen werden, die der Nennstromstärke des Gerätes angepaßt ist. Der Höchstwert der Vorsicherung darf auf keinen Fall überschritten werden, weil sonst bei Kurzschluß die Auslöser abbrennen. Bei Geräten mit zusätzlicher, nicht verzögerter elektromagnetischer Auslösung ist bei den bisher üblichen Bauarten meist auch eine Vorsicherung notwendig, weil die heutigen Netze Kurzschlußströme außerordentlicher Größe bis zu 10 000 A abgeben können. Es ist dabei schwierig, den magnetischen Schnellauslöser und die Sicherung so aufeinander abzustimmen, daß bei starken Kurzschlüssen die Sicherung abschmilzt, ehe der Mechanismus des Schalters angesprochen hat. Kommt der Schalter zuerst, so übernimmt er die Abschaltung des Kurzschlußstromes, was zu seiner Zerstörung führen kann.

Einen Überblick über die wirklichen Zusammenhänge gibt folgende Betrachtung: Es wird ein Motorschutzschalter für eine Nennstromstärke von 30 A vorausgesetzt. Weiter wird, was in den meisten Fällen zutrifft, angenommen, daß der Kurzschlußstrom in der Zuleitung im Kurzschlußfalle nicht durch den Widerstand der Zuleitung auf 500 A begrenzt wird. Die Bedingungen für die Auslöseverzögerung bei Schweranlauf besagen, daß der 6fache Nennstrom mindestens 5 sec lang gehalten werden muß. Betrachten wir nun die Auslösezeit einer flinken Sicherung von 60 A, so erweist sie sich als zu klein. Eine träge Sicherung der gleichen Nennstromstärke liegt ganz knapp über dem geforderten Wert, so daß in der Praxis wahrscheinlich ab und zu eine solche Sicherung durchbrennen und nach einiger Zeit durch eine solche von 80 A ersetzt werden wird. Nun haben Messungen an in der Praxis üblichen Motorschutzschaltern ergeben, daß sie bei hohen Kurzschlüssen eine Eigenzeit bis zum Beginn der Kontakttrennung von etwa 5 msec haben. Legt man einen Kurzschlußstrom von 2000 A zugrunde und betrachtet noch einmal das Auslöse diagramm einer trägen Sicherung von 60 A, so zeigt sich, daß diese erst nach 8 msec abzuschalten braucht, so daß der Schalter die Abschaltung der Kurzschlußleistung übernehmen muß. Wird eine träge Sicherung von 80 A verwendet, so würde diese 3000 A 10 msec lang führen können, so daß der Schalter die gesamte Kurzschlußlast abschalten müßte und mit Sicherheit zerstört würde. Wir befinden uns also in einem Grenzgebiet, bei dem die zufälligen Eigenschaften der Sicherungen entscheidenden Einfluß auf die Lebensdauer, ja sogar die Existenz des Schalters haben.

Wir sehen demnach auf der einen Seite Schalter ohne magnetische Schnellauslösung, denen genau angepaßte Sicherungen zugeordnet werden müssen. Auf der ande-

ren Seite haben wir Schalter mit magnetischer Schnellauslösung, die bei starken Kurzschlüssen ebenfalls durch eine Sicherung geschützt werden müssen, wobei es aber sehr knapp hergeht. Dieser Zustand ist unbefriedigend, denn ein Schutzschalter sollte seinerseits nicht noch wieder einen besonderen Schutz brauchen. Somit ergibt sich die Aufgabe, einen kurzschlußfesten Schalter zu bauen, der es ermöglicht, auf vorgeschaltete Sicherungen zu verzichten. Um von allen Schaltleistungsgruppen und ähnlichen Einschränkungen unabhängig zu werden, sollte man dann gleich aufs ganze gehen und die Bedingungen folgendermaßen stellen:

Es ist ein Motorschutzschalter zu entwickeln, der an einem Netz beliebig hoher Ergiebigkeit auf der Eingangsseite bei einem Kurzschluß mit beliebig kleinem Widerstand auf der Ausgangsseite gefahrlos eingeschaltet werden kann.

Man sieht, daß damit Grenzbedingungen formuliert werden, deren Härte nicht mehr zu überbieten ist. Nun darf ein solcher Schalter natürlich nicht irgendwelche ungewöhnlichen Abmessungen aufweisen, also nicht etwa eine Schaltmaschine mit $\frac{1}{4}$ cbm Rauminhalt darstellen, sondern er soll die üblichen gefälligen Abmessungen

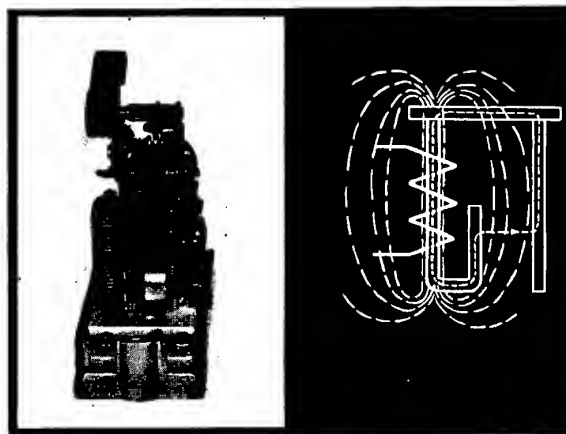


Bild 1 Einpoliger Automat bisheriger Ausführung

nicht überschreiten. Das Problem wird nun folgendermaßen zerlegt:

Man bemißt den Eigenwiderstand des Schalters, insbesondere die Induktivität der Blasspulen so, daß der Kurzschlußstrom zuverlässig auf ein Maß herabgesetzt wird, das der Schalter noch bewältigen kann. Als Richtwert für die Abschätzung soll angenommen werden, daß der Scheitelwert des Stromes auch im ungünstigen Fall 2500 A nicht übersteigen darf. Geht man also davon aus, daß bei einem Scheitelwert der Nennspannung von 380 V + 10 % = $418 \times \sqrt{2} = 590$ V kein höherer Kurzschlußstrom als etwa 2500 A fließen darf, so muß unter Vernachlässigung aller anderen ohmschen und induktiven Widerstände der induktive Widerstand des Auslösers etwa 0,23 Ohm sein. Bei einer Kreisfrequenz von $\omega = 2\pi f = 314$ muß dann der Selbstinduktionskoeffizient der Spule $0,74 \times 10^{-3}$ Henry sein. Nach den Näherungsformeln von Korndörfer ergibt das, wenn man die Induktivität auf zwei Spulen aufteilt, zwei Flachscheiben-spulen mit etwa 120 Windungen. Diese lassen sich unter den jetzt gegebenen Raumverhältnissen so bauen, daß ihr ohmscher und induktiver Widerstand bei Nennstrom keinen übermäßigen Verlust und keine übermäßige Erwärmung verursachen.

Nachdem so die Stromspitze auf 2500 A festgelegt ist, müssen Kontaktstücke und Blaseung so ausgeführt werden, daß sie mit Sicherheit diesen Spitzenstrom abschalten können. Gerade bei der Blaseung werden in konstruktiver Hinsicht häufig Fehler gemacht. Das Bild 1

zeigt eine Ausführungsform, wie sie zur Zeit gefertigt wird. Man erkennt links neben dem Kontaktpaar die auf einem Eisenkern sitzende Spule und darüber den Magnetanker, der die Schnellauslösung bewirkt, wenn er angezogen wird. Die von der Magnetspule erzeugten Kraftlinien schließen sich, solange nicht Sättigungseinflüsse überwiegen, durch den Luftraum zwischen den Kontakten. Bei geringen Überströmen, wenn die Magnetauslösung noch nicht anspricht, ist die Löschung schlecht,

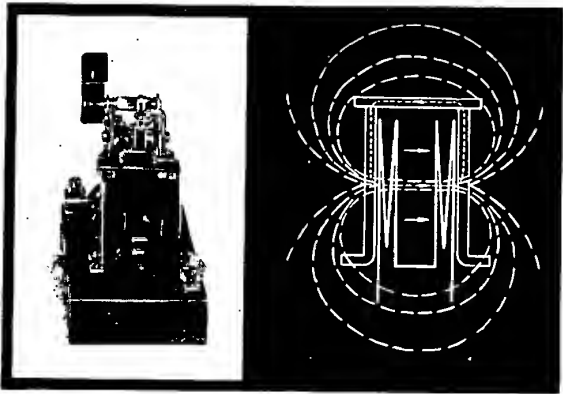


Bild 2 Einpoliger Automat neuerer Ausführung

weil der nicht angezogene Anker eine erheblich zusätzliche Unterbrechung des Magnetkreises darstellt. Bei Überströmen in der Größenordnung vom 6- bis 7fachen Nennstrom wird die Löschung, sobald der Anker angezogen ist, bedeutend besser. Was geschieht nun aber, wenn ein starker Kurzschluß von etwa 2000 A auftritt? Wir haben auf der Spule zusammen etwa 40 Windungen, was rund 80 000 A-Windungen ergibt. Selbstverständlich ist in einem solchen Fall das Eisen so hoch gesättigt, daß es sich praktisch wie Luft verhält. Der größte Teil der auftretenden Kraftlinien sind also reine Streukraftlinien, die sich rund um die Mantelfläche der Spulen schließen. Zur eigentlichen Löschung wird nur ein ganz kleiner Teil nutzbar gemacht.

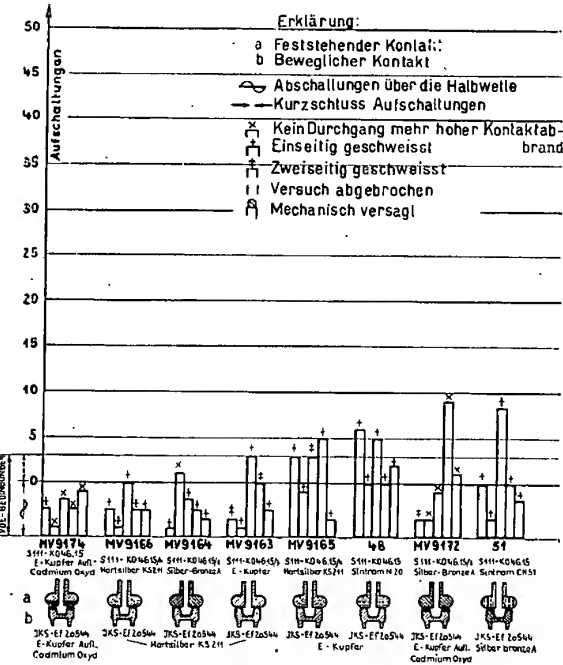


Bild 3 Schaltversuche mit verschiedenen Kontaktmaterialien und -formen

Eine durchgreifende Besserung wird durch die Anordnung der Spulen gemäß Bild 2 erreicht. Diese Anordnung ist nicht etwa neu, sondern schon von verschiedenen Firmen angewendet worden. Erstaunlich ist nur, daß die Vorzüge dieser Anordnung, die doch offensichtlich sind, nicht überall erkannt werden. Bei der hier gezeigten Anordnung gehen nämlich auch im Kurzschlußfall praktisch alle Kraftlinien durch den Kontaktschließraum, so daß eine außerordentlich starke Blaspung hervorgerufen wird. Diese ist so scharf und präzise, daß das Löschen eines Kurzschlußlichtbogens einem Schuß gleicht, ohne daß das geringste Nachhallen oder Nachbrennen zu hören ist. Selbstverständlich treten dann den Felddichten entsprechende Kräfte auf. Diejenigen, die gewohnheitsmäßig mit hohen Strömen und deren Wirkungen zu tun haben, wird dies nicht weiter überraschen. Der normale Gerätebauer sieht jedoch mit Staunen, wie sein an sich doch kräftig dimensioniertes Magnetgestell völlig verbogen wird, Schraubenköpfe von 5 mm einfach abspringen und dergleichen mehr. Immerhin kann man bei gegenseitiger Abstützung der Feldspulen die auftretenden Kräfte durchaus beherrschen, ohne daß ein wesentlicher konstruktiver Mehraufwand auftritt.

Nun muß natürlich noch den Schaltstücken besondere Aufmerksamkeit zugewendet werden. Der Schalter muß ja nicht nur einen plötzlich auftretenden Kurzschluß abschalten können, sondern er muß auch auf bestehenden Kurzschluß aufgeschaltet werden können. Die dabei auftretenden Beanspruchungen sind so grundsätzlich anders

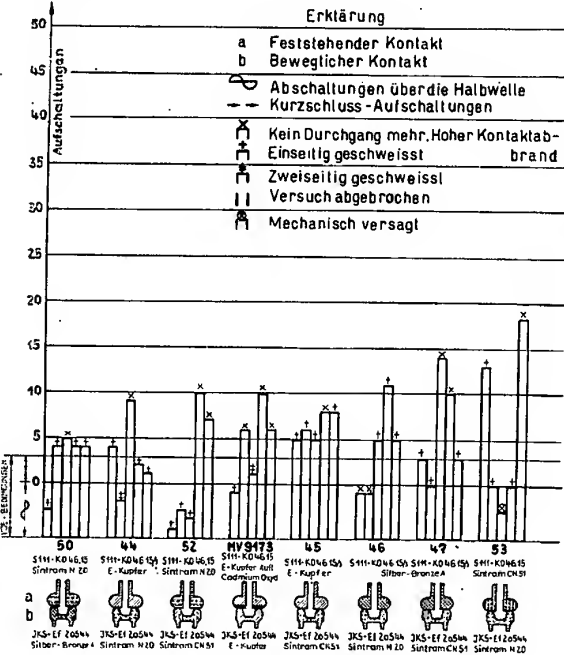


Bild 4 Schaltversuche mit verschiedenen Kontaktmaterialien und -formen

als diejenigen, die bei den Schaltstücken für Schütze und ähnliche Geräte auftreten, daß die dort gewonnenen Erfahrungen nicht ohne weiteres übertragen werden können. Beispielsweise ist Silber, auch in Form von Feinsilber oder Hartsilber, gänzlich ungeeignet, weil es beim Aufschalten auf einen schweren Kurzschluß sofort schmilzt. Das gleiche gilt von Elektrolytkupfer, Wolfram und ähnliche Metalle, sowie die Legierungen daraus, die im Schwachstromgebiet mit großem Erfolg benutzt werden, haben zu geringe Leitfähigkeit und zu hohen Übergangswiderstand, so daß die Kontakte sich schon bei geringer Überlastung zu stark erwärmen. Silber-Graphit und Kupfer-Graphit haben mechanisch nicht ausreichende Festigkeit und ergeben in der Schaltkammer leitende

Überzüge. Nickel und seine Legierungen mit Kupfer oder Silber haben die gleichen Nachteile wie Wolfram. Die Beimischung von Kadmiumoxyd oder reinem Kadmium zu Kupfer oder Silber in einer Höhe von 5 bis 15% ergibt hohen Kontaktabbbrand und Niederschlag leitender Schichten in der Schaltkammer.

Aus langwierigen Versuchen hat sich ergeben, daß eine Legierung von viel Kupfer, etwas Silber und wenig Kadmium die weitaus besten Ergebnisse bringt. Diese Versuche können naturgemäß nur rein empirisch gemacht werden, und nur aus dem tatsächlichen Verhalten unter schweren Kurzschlußbedingungen lassen sich die geeigneten Werkstoffe auswählen. Die Bilder 3 bis 6 zeigen das Verhalten einer Reihe von Kontaktpaarungen. Es sind jeweils sechs Kurzschlüsse, über die Halbwelle ver-

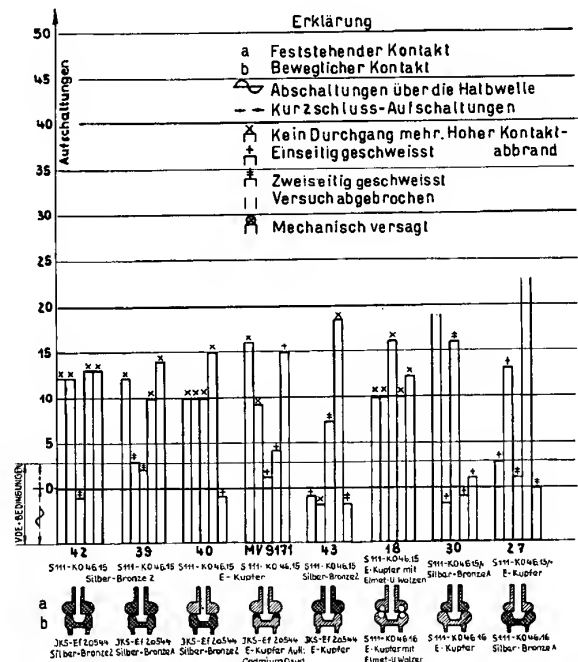


Bild 5 Schaltversuche mit verschiedenen Kontaktmaterialien und -formen

teilt, abgeschaltet und anschließend der Schalter auf bestehenden Kurzschluß geschaltet worden. Naturgemäß kann man beim Ausschalten auf bestehenden Kurzschluß nicht immer den gleichen Schaltmoment treffen, wenn man nicht sehr komplizierte Hilfseinrichtungen in Kauf nehmen will. Immerhin kann man sagen, wenn ein Kontaktmaterial im Durchschnitt 30 bis 50 Kurzschlüsse abschaltet, daß diese dann nicht alle im günstigsten Bereich haben liegen können, sondern daß ein großer Teil der abgeschalteten Kurzschlüsse wirkliche Leistungsabschaltungen waren.

Zum Schluß sollen hier noch in Bild 7 zwei Oszillogramme der Abschaltzeiten von Kurzschlüssen gezeigt werden. Bei dem ersten Oszillogramm bestand die Stromquelle aus einem Transformator 4000/550 V 200 kVA, von dem Kupferschienen von 50 mm² zum Schalter führten. Die Ausgangsklemmen des Schalters waren durch einen dicken Kupferstab miteinander verbunden. Die Löschspulen des Schalters waren nach den vorhin errechneten Daten bemessen. Da nun aber zu dem induktiven Widerstand der Löschspulen noch die induktiven Widerstände des Transformators treten, die sich nicht ausschalten lassen, wurde der rechnerische Kurzschlußstrom von 2500 A nicht erreicht. Um auf diesen Wert zu kommen, mußte die Spannung auf 550 V gegenüber den zuerst angenommenen 380 V erhöht werden. Das Oszillogramm zeigt zunächst die Transformatorspannung, dann

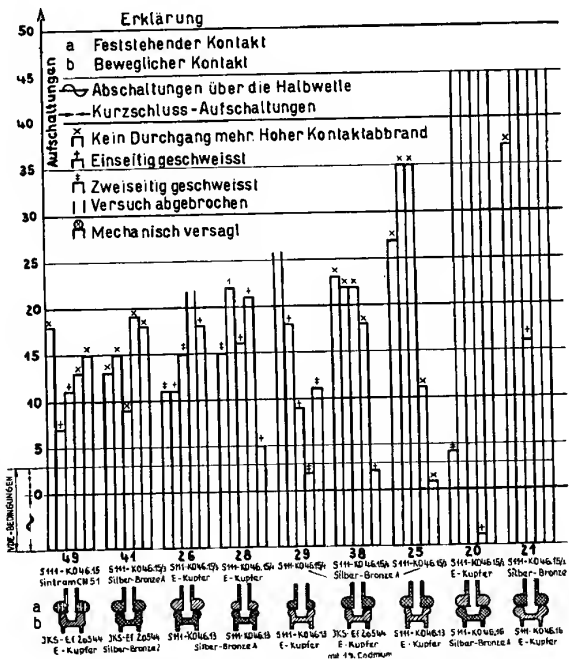


Bild 6 Schaltversuche mit verschiedenen Kontaktmaterialien und -formen

vom Augenblick des Kurzschlusses ab die Spannung und den Strom an den Schalterklemmen und zum Schluß wieder die Transformatorspannung. Man sieht, daß beim Auftreten des Kurzschlusses die Spannung zunächst zusammenbricht, dann aber wieder ansteigt und nach 4 msec einen Strom von etwa 2600 A hervorruft. Nach Ablauf dieser Zeit beginnen sich die Kontakte zu trennen und nach einer Lichtbogenbrenndauer von 5 msec ist der Kurzschluß gelöscht. Die dabei bewältigte Leistung beträgt immerhin mit den Spitzenwerten gerechnet 2000 kVA oder 1400 kVA effektiv. Das ist für einen Schalter ohne alle Hilfsmittel wie Öl oder Preßluft, mit einer Funkenlöschkammer von nur 4 x 1,5 cm² eine ganz erstaunliche Leistung.

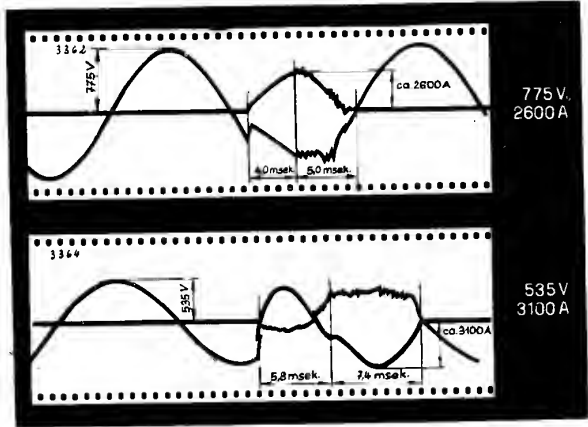


Bild 7 Oszillogramme von Kurzschlußabschaltungen

Das zweite Oszillogramm zeigt die Abschaltung eines Kurzschlusses, bei dem absichtlich für die Funkenlöschspulen nur die halbe Windungszahl verwendet worden ist. Die Induktivität wird dabei auf ein Viertel herabgesetzt, weil die Windungszahl in der Formel im Quadrat vorkommt. Die Summe der Schalterinduktivität und der Induktivität des Transformators ergaben eine Stromspitze von 3100 A. Trotz der erheblich herabgesetzten Blasing wurde auch dieser Kurzschluß in etwa 13 msec

gelöscht. Dabei war die Lichtbogenbrennzeit etwa 7,4 msec, also nicht einmal eine Halbwelle. Man würde also die rechnerisch ermittelten Daten für die Löschspulen ohne Gefahr noch herabsetzen können, da außer der Induktivität des Schalters ja doch noch irgendwelche Induktivitäten sich im Stromkreis vorfinden werden.

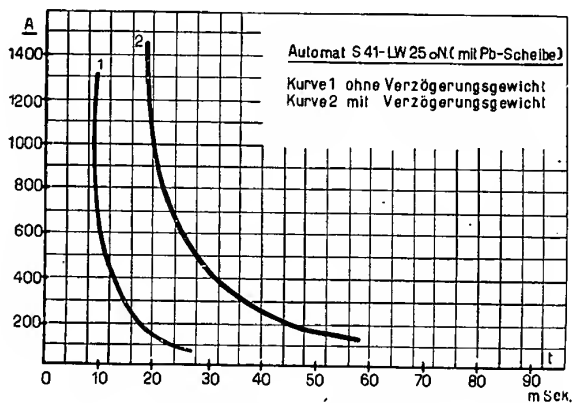


Bild 8 Auslösezeiten von Automaten ohne und mit mechanischer Verzögerung

Da Schalter zur Verfügung stehen, bei denen auf Schaltleistungsgruppen und ähnliche Einschränkungen keine Rücksicht mehr zu nehmen ist, kann man auch weitere Aufgaben lösen. Es sei eine Industrieanlage angenommen, bei der eine größere Anzahl von motorischen Einzelantrieben gruppenweise zusammengefaßt werden sollen. Es seien 50 Motoren von je 1...2 kW vorhanden, die in Gruppen von je fünf zusammenzufassen sind. Dann wird jeder einzelne Motor mit einem ihm angepaßten Motorschutzschalter ausgerüstet, vor die ganze Gruppe aber ein Schalter entsprechend größerer Nenn-

stromstärke gelegt. Die jetzt neu hinzukommende Aufgabe besteht darin, sicherzustellen, daß bei großem Kurzschluß in einem Motor nicht Einzelschalter und Gruppenschalter durch die magnetische Schnellauslösung gleichzeitig auslösen. Mit anderen Worten, es muß die Selektivität des Einzelschalters gegenüber dem Gruppenschalter sichergestellt werden. Zu diesem Zweck setzt man auf die Ankerwelle des Gruppenschalters eine kleine Schwungmasse, die die Auslösegeschwindigkeit verzögert. Das Bild 8 zeigt die auf diese Weise erreichbaren Zeitverhältnisse. Natürlich kann man diese die Betriebsführung wesentlich erleichternde Anordnung nur dann treffen, wenn auch der Einzelschalter in der Lage ist, die gesamte Schaltleistung zu unterbrechen.

Das Bild 9 zeigt einen Schalter, wie er bisher üblich war, und einen Schalter in geänderter Bauart. Man erkennt, daß die baulichen Abmessungen nicht größer geworden sind, sondern daß man durch konsequente Anwendung der dargelegten Prinzipien bei praktisch gleichem Aufwand einen völlig kurzschlußfesten Schalter bauen kann.

Aussprache

Herr A. Cohn, Goslar: Es ist seit langem bekannt, daß man Motorschutz- und ähnliche Schalter dadurch kurzschlußfest machen kann, daß man den Eigenwiderstand der Schalterteile so bemißt, daß der durch diesen Widerstand bestimmte größtmögliche Kurzschlußstrom das Schaltvermögen des Schalters nicht überschreitet. Vor etwa 20 Jahren hat sogar eine Herstellerfirma, wenn ich nicht irre, Voigt & Haefner, ein Patent hierauf gehabt. Diese Möglichkeit ist allerdings auf Nennstromstärken bis höchstens etwa 25 A beschränkt, denn eine Eigenimpedanz der Blasspulen von 0,23 Ohm, wie sie Herr Dr. Möller genannt hat, erzeugt bei einem Nennstrom von 25 A bereits einen induktiven Spannungsabfall von etwa 6 V, also bei Motoren mit einem Anlaufstrom vom 8- bis 10fachen Nennstrom einen Spannungsabfall von 50 bis 60 V beim Anlauf. Wenn dieser auch zu dem Spannungsabfall in der Zuleitung nur geometrisch addiert wird, so können doch u. U. Anlaufschwierigkeiten auftreten. Bei größeren Nennströmen werden bei der vorgegebenen Spulenimpedanz der Platzbedarf, der Spannungsabfall beim Anlauf und der Wattverlust erheblich größer, was nicht mehr zu verantworten ist.

Herr Dr. Möller hat ferner mit Recht auf die Bedeutung einer möglichst kurzen Abschaltzeit des Schalters bei Kurzschluß hingewiesen. Diese Zeit muß vor allem zur Erzielung der Kurzschlußfestigkeit der Wärmeauslöser so klein wie möglich gehalten werden, denn, wie unsere grundsätzlichen Untersuchungen bei der Entwicklung von kurzschlußsicheren Motorschutzschaltern vor vielen Jahren ergeben haben, ist der mit Rücksicht auf die Wärmeauslöser zulässige größte Kurzschlußstrom, in Vielfachen des Nennstromes ausgedrückt, gleich der Wurzel aus dem Produkt der Wärmezeitkonstante des Wärmeauslösers und seiner höchstzulässigen Erwärmung, dividiert durch das Produkt aus der Abschaltzeit des Schalters und der Erwärmung des Auslösers bei Nennstrom.

Herr H. Franken, Bonn: Zu den bemerkenswerten Ausführungen von Herrn Dr. Möller erlaube ich mir noch eine Frage. Es ist durch die Erhöhung der Eigenwiderstände, mögen sie nun induktiver oder nicht induktiver Natur sein, eine Begrenzung auf 2000 A Scheitelwert oder rund 1400 A_{eff} durchgeführt und unter Einsatz besonders intensiver Bläsung und eines besonderen Schaltstückstoffes die Ein- und Ausschaltfestigkeit des Schaltapparates in dieser Höhe erreicht worden. Die Frage ist nun — ich habe das vielleicht überhört —, wie steht es mit der Kurzschlußfestigkeit der Relais? In einer der Tabellen waren die erforderlichen Sicherungen auch für Stromstärken unter 1 A angegeben. Sie bewegen sich dann meist in den Größenordnungen von 2 A und 4 A.

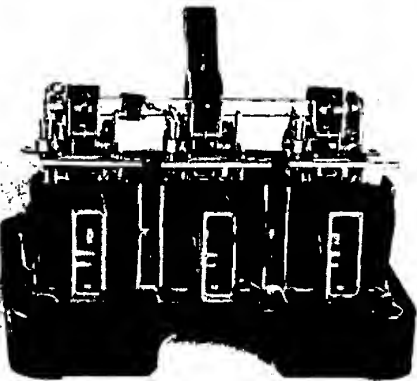
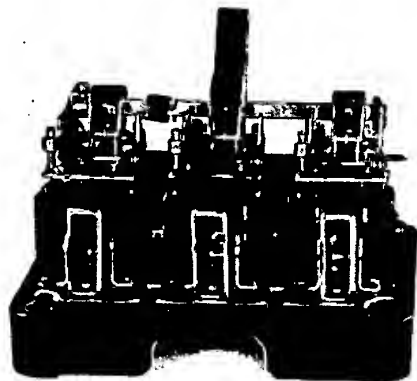


Bild 9 Motorschutzschalter älterer und neuerer Bauart

Der Sprung von solchen Werten auf 2000 A Spitze ist doch recht beträchtlich und legt die Frage nahe, ob die Zeiten so klein und die Relais so durchgebildet sind, daß sie dieser Beanspruchung standhalten. Ich darf vielleicht darauf hinweisen, was Herr Dr. Cohn schon anführte, daß die Kurzschlußfestigkeit der Relais aus den Verhältnissen Zeitkonstante zu Eigenzeit und zulässiger Grenztemperatur zu normaler Betriebstemperatur rechnerisch zu erfassen sind. Die einfachen Beziehungen setzen aber voraus, daß es sich in jedem Fall um ein unmittelbar beheiztes Relais handelt. In dieser Richtung sind Möglichkeiten schon lange bekannt, aber nicht immer voll ausgeschöpft worden. So zeigt z.B. Bild 10 ein Dehnungsbandrelais, bei dem die tragende Seele, d. h. der Streifen, dessen Ausdehnung zur Auslösung verwandt wird, von einer Anzahl anderer ähnlicher Streifen mit Glimmerzwischenlagen begleitet ist, so daß alle Querschnitte die gleiche spez. Belastung tragen, also durch

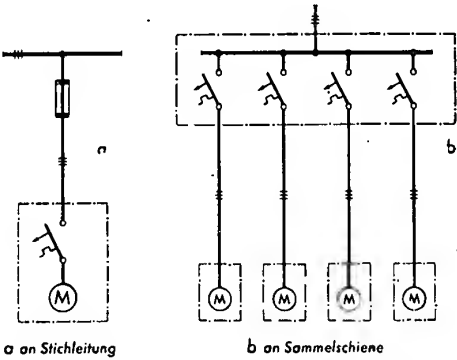


Bild 11 Anschluß von Motorschutzschaltern

Entfernung der Partikel aus dem Schlitz infolge der Blasung war der Abbrand vier- bzw. siebenmal so hoch wie bei kurzgeschlossener Blasspule.

Nun darf die Behandlung der Frage nach gesteigerter Kurzschlußfestigkeit nicht den Eindruck erwecken, als ob es sich hier um eine Aufgabenstellung handele, deren Lösung unbedingt erforderlich ist. Im allgemeinen liegen die Verhältnisse so, daß sich ein Motorschutzgerät, das noch dem Schutz des einzelnen Motors dient, nicht an der Verteilung, sondern an einer irgendwie gearteten Stichleitung befindet, s. Bild 11. Es ist dann zwischen dem Motorschutzgerät und dem Abzweigpunkt eine Leitung vorhanden, die nach den einschlägigen VDE-Vorschriften irgendwie geschützt werden muß. Dieser Schutz kann sich nach den neueren Fassungen der geltenden Vorschriften auf den Kurzschlußschutz beschränken, und damit ist eine Sicherung zugelassen, die etwa drei Stufen höher liegt als die dem Querschnitt entsprechende Dauerlastsicherung. Der andere Fall des Anbaues der Geräte in Verteileranlagen ist relativ seltener, vor allem bei Geräten für kleinere und mittlere Motoren, s. Bild 11 rechts. Hier würde man auf keine zu dem Motorschutzgerät irgendwie im Verhältnis stehende Sicherung stoßen und besondere Sicherungen einbauen müssen oder aber Mittel anwenden, wie sie im Vortrag dargestellt wurden. Bei dem üblichen Fall links ergibt sich an Hand der VDE-Vorschriften eine klare Grenzsicherung, die in der Praxis nie überschritten sein kann. Der Konstrukteur eines Schaltgerätes ist durch die einschlägigen DIN-Normen und VDE-Arbeiten gehalten, seine Anschlüsse für einen bestimmten Querschnittsbereich herzurichten, d. h. es sind eine obere und eine untere Grenze für den Anschluß gezogen. Die obere Grenze ist in Bild 12 in Abhängigkeit vom Gerätenennstrom aufgezeichnet und dann gleichzeitig zu diesem so ermittelten Querschnitt die Kurzschlußsicherung nach den Übergangsvorschriften von VDE 0100. In Bild 13 sind weiterhin zu den letztgenann-

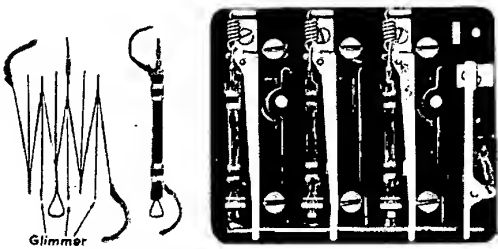


Bild 10 Dehnungsbandrelais

das Anlegen dieser Bänder die Masse bei fast unveränderter Oberfläche gesteigert wird und damit auch die Zeitkonstante. Irgendein Wärmeübergang von einem zum anderen Band während der Funktion ist nicht notwendig und infolgedessen ist dieses Relais als ein unmittelbar beheiztes anzusprechen. Nach gleichen Prinzipien sind auch Bimetallauslöser gebaut worden, und man kann nach der Erfahrung wohl sagen, daß man auf diese Weise Überströme von 100...150 x Nennstrom beherrschen kann. Das Verhältnis von 1400 A zu beispielsweise 0,35 A = 4000 : 1 ist aber bedeutend höher. Es würde mich die Bestätigung, wie es sich in diesem Punkt bei der Neukonstruktion verhält, sehr interessieren.

Im übrigen ist, was der Vortragende auch schon andeutete, zu beachten, daß diese Geräte nicht als Betriebschaltgeräte gedacht sind, denn bei Betriebsschaltgeräten muß man außerordentlichen Wert darauf legen, daß sie für häufige Schaltung geeignet sind, also der Schaltstückabbrand in dem Vordergrund des Interesses steht und er nicht durch die Ansprüche auf Einschaltfestigkeit irgendwie verschlechtert werden darf. Meines Erachtens wäre es aber wünschenswert, den Gedanken beizubehalten, daß Motorschutzgeräte möglichst auch als Betriebsschaltgeräte verwendbar sein sollten. Herr Möller wies schon darauf hin, daß für die elektrotherm. Abnutzungsfähigkeit das reine Silber augenblicklich noch an der Spitze steht. Es hat sich auch die Anwendung intensiver Blasung von diesem Standpunkt aus gesehen nicht als sehr vorteilhaft erwiesen. Die Silbermengen, die bei jedem Schaltprozeß auf der einen Seite gelöst werden, können sich auf der anderen Seite wieder anlagern und somit zu einem bescheidenen Gesamtverlust führen. Das ist aber nicht möglich, wenn die Silberionen durch intensive Blasung aus dem Luftspalt entfernt werden. In diesem Zusammenhang wurden schon Verhältnisse von i. M. 1 : 4, ja in Grenzfällen 1 : 7 festgestellt, d. h. durch

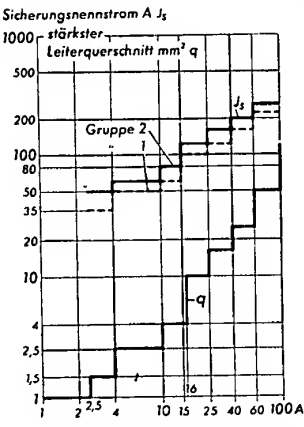


Bild 12 Kurzschlußschutzsicherung für stärksten Anschlußquerschnitt

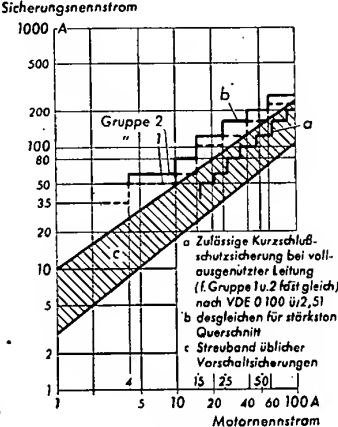


Bild 13 Sicherungen vor Motorschutz

ten Sicherungen noch die Sicherungen eingetragen (a), die sich ergeben, wenn eine voll ausgelastete Leitung angeschlossen wird, also nicht der max. zulässige Querschnitt. Ferner ist in diesem Bild ein Streuband c eingezeichnet, innerhalb dessen nach meinen Feststellungen so ziemlich alle Angaben der verschiedenen Hersteller hinsichtlich der Vorschaltssicherung verlaufen. Wie man daraus ersieht, fallen die bei normalem Querschnitt erforderlichen Sicherungen unbedingt in dieses Streuband hinein; die zulässigen Grenzwerte für max. Querschnitt liegen u. U. etwas darüber. Ihre Vollaussnutzung in der Installation ist heute auch noch außerordentlich selten. Man findet also im großen und ganzen die vom Standpunkt des Schaltgeräteherstellers für Geräte ohne besondere Strombegrenzungsmaßnahmen geforderten Sicherheitsmaßnahmen in der Installation wieder. Schwierigkeiten bereiten lediglich die Geräte für kleine Stromstärken, bei denen mit Querschnitten bis $2,5\text{ mm}^2$ gerechnet werden muß und deren Nennstromstärken in keinem Verhältnis zu der zulässigen Dauerstromstärke stehen. Dann ist als Kurzschlußsicherung Gruppe I eine solche von 50 A, für Gruppe II eine solche von 60 A zulässig und bei $1,5\text{ mm}^2$ sinken diese Werte auf 35 A und 50 A. Man kann also hier nicht davon sprechen, daß im Leitungszug diese Sicherungen, wie sie nun für das Motorschutzgerät gefordert werden müssen, ohnehin vorhanden sind. Es ist aber beachtenswert, daß bei größeren Geräten, die also Leitungen über $2,5\text{ mm}^2$ erfordern, dieser Schutz im allgemeinen ohnehin gegeben ist. Bei der Behandlung der Frage sollte auch nicht vergessen werden, daß Vorschaltssicherungen in jedem Fall für den immerhin etwas komplizierten Motorschutzschalter wünschenswerte Trennelemente darstellen. Geräte mit Schnellauslösung für kleine Stromstärken zu bauen mit der Absicht, nur Sicherungen zu verlangen, die stärker sind als 50 A oder 60 A, hätte keinen Zweck, da die Leitungen diese Überschreitungen nicht gestatten. Bei den genannten kleinen Stromstärken ist häufig der Versuch gemacht worden, Sicherungen zu verwenden, die nicht dem Diazsystem entsprechen und dann auf 380 V beschränkt sind. Zum Erfolg führt die Lagerhaltung von Patronen des Diazsystems für kleine Stromstärken. Die Sicherung ist dann Trennelement. Es würde, wie ge-

sagt, sehr interessieren, ob auch bei den aller kleinsten Stromstärken die Entwicklung zu der außerordentlichen Kurzschlußfestigkeit der thermischen Auslöser geführt hat, die sich durch den Effektivwert von 1400 A bei einer Motorstromstärke von z. B. 0,35 A ergibt oder ob hier etwa der Grenzstrom durch weitere Veränderungen der Blasspulen weiter herabgesetzt ist.

Vortragender: Zu den Ausführungen des Herrn Dr. Cohn ist zu sagen, daß die neu entwickelten Schalter gerade aus den Gründen, die Herr Dr. Cohn anführt, besonders vorteilhaft für Stromstärken bis zu 25 A, also für das große Heer kleinerer im Betrieb verstreuter Motoren Anwendung finden. Das Patent von Voigt & Haefner bezog sich darauf, daß außerhalb des eigentlichen Schalters Schutzwiderstände in die Strombahn eingeschaltet wurden. Dies ist eine an sich bekannte Maßnahme, während bei dem neu entwickelten Schalter bewußt auf außerhalb des Schalters liegende Zusatzteile verzichtet wird. Der Sinn der Neukonstruktion ist vielmehr der, die an sich für die Blasung notwendigen Spulen so auszulegen, daß sie als zuverlässige Strombegrenzung wirken.

Die Bemerkungen des Herrn Franken stützen im wesentlichen das von mir Gesagte. Gerade bei Geräten für kleinere Stromstärken, also bei Leitungsquerschnitten in der Größenordnung von $2,5\text{ mm}^2$, kommt der Vorteil der Neukonstruktion besonders zur Geltung. Bei diesem Querschnitt ist nämlich als Kurzschlußsicherung eine solche von 50 A, ja sogar 60 A zulässig, so daß bei einem Kurzschluß unter allen Umständen bei einem Motorschutzschalter ohne magnetische Auslösung die thermischen Auslöser abbrennen und bei einem solchen mit magnetischer Auslösung die Abschaltung der gesamten Leistung durch den Motorschutzschalter erfolgt, weil die Sicherung später anspricht als der Motorschutzschalter. Es ist bei der Neukonstruktion dann nicht mehr notwendig, besondere Sicherungen für kleine Stromstärken auf Lager zu halten. Die neu entwickelten Schalter lassen sich auch bei Stromstärken bis herab zu etwa 1 A verwenden. Bei noch kleineren Stromstärken kann die Induktivität der Blasspulen weiter erhöht werden, weil dann beim Anlassen keine unzulässige Absenkung der Spannung zu befürchten ist.

Moderne Bauformen der Expansionsschalter

Von G. Kirch

Ein Leistungsschalter ist ein Sicherheitsgerät und soll in jeder Hinsicht von möglichst vollkommener Zuverlässigkeit sein. Wenn man von diesem übergeordneten Gesichtspunkt absieht, dann scheint uns die günstigste und möglichst universelle Einfügung in die Schaltanlage das wichtigste Merkmal eines Leistungsschalters zu sein; ein geschickter Aufbau des Gerätes hat einen technisch und wirtschaftlich größeren Einfluß auf die gesamte Schaltanlage, als man mit Schaltgeräten, die nur preiswert sind, erreichen kann.

An dem Beispiel des 100 MVA-Schalters der Reihe 10 ist die Entwicklung über die vorübergehend beliebte Wandtype hinaus zur Stand- oder Säulentype zu erkennen (Bild 1). Das Teilbild a zeigt den grundsätzlichen Stand der Umschalteranlagen-Technik, dem die Expansionsschalter sich einmal anzupassen hatten, die Bilder b, c, d einen damals berechtigten Kompromiß zwischen der Rücksicht auf die Methode a und der Erkenntnis, daß man mit einem ölfreien Schalter den mit einem Umschalter schwer zu verwirklichenden durchgehenden Leitungszug endlich erreichen konnte; daß die Wandtype dies ohne Anwendung von Durchführungen gestattete, machte sie damals so beliebt. Dieser Kompromiß — also eine Kombination von Wand- und Stand-

type — hatte aber wie auch die Methode a einige Mängel:

1. sind der Anwendung von Wandtypen Grenzen des Gewichtes gesetzt, es läßt sich also keine für alle Innenraum-Schalter einheitliche Wandtypenreihe aufbauen. Wenn man mit steigender Spannung bzw. Schaltleistung an der Wandmontage festhält, dann ist das nur möglich, wenn man an Stelle der Wand ein mechanisch ausreichend stabiles Gerüst setzt.
2. Ebenso wie bei a war auch den Varianten b, c, d der Nachteil gemeinsam, daß einige für Leistungsschalter wichtige Elemente, wie Freilauf und die zu dem Steuerblock zusammengefaßten mechanischen und elektrischen Steuerelemente mit ihren Anschlußklemmen, in der Tiefe und Enge der Zellen schwer zugänglich waren.
3. Der Antrieb nach a ist nicht organisch mit dem Schalter verbunden; eine Änderung in der Antriebshöhe ist — wenn man von besonderen Gestängen absieht — nur in engsten Grenzen möglich. Der Antrieb der Varianten b, c, d ist zwar schon fest mit dem Schalter verbunden, läßt sich jedoch nur in 2 Höhenstufen anwenden; außerdem ist der Doppel-

griffhebel ebenso wie ein Handrad für größere Schalter nicht mehr brauchbar, so daß auch hier keine Einheitlichkeit erreichbar ist.

Aus allen diesen Gründen ist die reine Wandtype nur noch den Kleinstschaltern mit 15 MVA Ausschaltleistung vorbehalten, während alle Leistungsschalter sich der ursprünglich für Geräte höherer Schaltleistung entwickelten Säulentype (Bild e und f) angepaßt haben; sie erfüllt die Forderung nach den verschiedenartigen Leitungsführungen, sie hat die Zusammenfassung der wichtigsten Bauelemente an einer für Montage und Kontrolle besonders gut zugänglichen Stelle und besitzt einen Einsteckhebelantrieb, der für die bei modernen Schaltern üblichen höheren Drehmomente geeignet und für alle Einbauten bis zu 2 m Höhe ohne Einschränkung brauchbar ist. Dieser Antrieb ist außerdem kraftschlüssig mit dem Schalter verbunden, d. h. Schalter und An-

welche eine Löschflüssigkeit auf Wasserbasis haben und sich mit vertretbarem Aufwand von Hand betätigen lassen; es ist die große Gruppe der Schalter von 10 bis 30 kV bis 400 MVA. Wasser verlangt als nicht isolierende Flüssigkeit kurze und korrekte Einschaltzeiten. Diese Rücksicht geht so weit, daß der Stromkreis, z. B. bei den Schaltern für 30 kV, in Luft geschlossen wird. Diese Methode hat sich bekanntlich auch bei anderen Schaltergeräten ausgezeichnet bewährt.

Diese Feststellungen und die bei modernen Schaltern hohen Geschwindigkeiten bzw. großen Drehmomente lassen es verständlich erscheinen, daß nicht nur der Ausschalt-, sondern auch der Einschaltvorgang automatisiert ist, d. h. der die Schalthandlung Ausführende leitet den Vorgang nur ein, z. B. durch Betätigung des Druckluftventils; oder er bereitet ihn durch Spannen des Federspeichers mit dem Einsteckhebel vor. Er ist aber in keinem Falle imstande, in den Ablauf des Schaltvorganges einzugreifen. Es gibt also keine Expansionsschalter mit Handantrieb. Die handbetätigten Schalter sind in Wirklichkeit „Schalter mit handgespanntem Federspeicher“. Eine gleichartige Entwicklung dürfte z. B. durch die wahrscheinlich nicht allgemein bekannten neuen französischen Vorschriften gekennzeichnet sein. Bei allen Leistungsschaltern wird unabhängig vom Schaltprinzip gefordert, daß bei Überschreitung eines Amplitudenwertes des Einschaltstromes von 10 kA der Einschaltvorgang dem Einfluß des Ausführenden zu entziehen ist.

Zusammenfassend ist für alle Expansionsschalter festzustellen: Schalter, die sich aus Gründen der Betriebsspannung (z. B. ab 60 kV) oder der Stromstärke (z. B. 4000 A) oder der Schaltleistung (z. B. 1000 MVA) mit einem tragbaren Aufwand von Hand nicht mehr

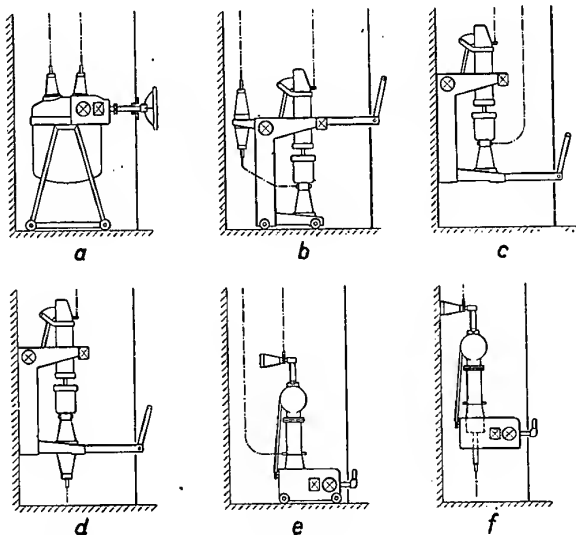


Bild 1 Innenraum-Expansionsschalter, Entwicklung der Bauform

trieb bilden grundsätzlich eine im Werk geprüfte Einheit; die Methode a, d. h. die getrennte Lagerung von Schalter und Antrieb, ob mit oder ohne Kupplungsgestänge, halten wir für unsachgemäß und u. U. für gefährlich. Bemerkt sei noch, daß diese Schalter sich bei ihrem Stand in der Zelle nach dem Abschlußgitter orientieren, da der mit fixer Ausladung gebaute Antrieb eine Freizügigkeit nicht zuläßt.

Die soeben erwähnte Zusammenfassung wichtiger Bauelemente zeigt Bild 2 für einen mit Druckluftantrieb ausgerüsteten Schalter; rechts die Freilaufkupplung, kombiniert mit einem vollwertigen Handantrieb, darüber eine elektrische Einschaltsperr, in der Mitte der Druckluftantrieb mit zweiseitiger Anschlußmöglichkeit, links davon 2 Sekundärauslöser, davor die Anschlußstellen für die zum Betätigungsventil führenden Bowdenzüge der Anzeige- bzw. Handauslösevorrichtung und links davon der Meldeschalter mit Anschlußklemmen; schließlich hinter einer Zwischenwand die Ein- und Ausschaltfedern, welche durch den Druckluftantrieb oder auch mit Einsteckhebelantrieb gemeinsam gespannt werden.

In dieser Beschreibung sind bereits alle Antriebsmöglichkeiten der Expansionsschalter erfaßt; bevor ich näher darauf eingehe, sei eine getriebetechnische Feststellung vorweggenommen; alle Expansionsschalter haben grundsätzlich — ganz gleich, ob es sich um Innenraum-schalter oder Freiluftschalter handelt — Ausschaltfedern, so daß in Verbindung mit der immer vorhandenen Löschflüssigkeit das Ausschalten gewährleistet ist. Die Einschaltfeder dagegen ist eine Besonderheit aller Schalter,

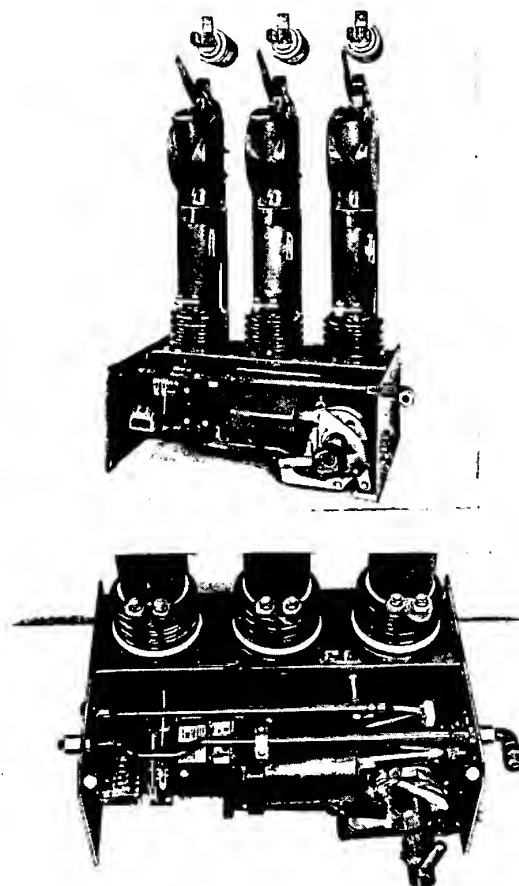


Bild 2 Innenraum-Expansionsschalter, 10 kV, 400 A, 100 MVA

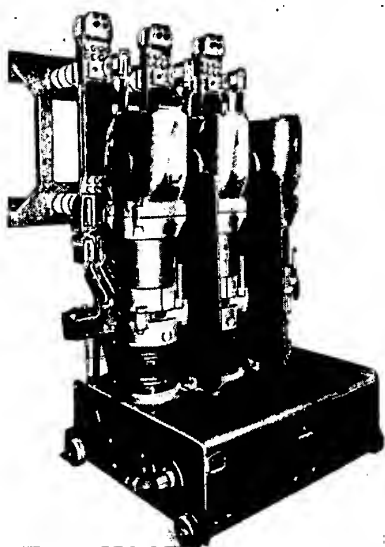


Bild 3 Innenraum-Expansionsschalter, 10 kV, 4000 A, 1000 MVA

schalten lassen, haben ausschließlich Druckluftantriebe (ohne Einschaltfeder); sie besitzen nur für Einstellzwecke im spannungsfreien Zustande eine Behelfs-Handbetätigung. Es wird offensichtlich nicht als Mangel empfunden, daß sie keinen vollwertigen Handantrieb haben, da sie nie als Einzelschalter verwendet werden und immer in Anlagen stehen, bei denen eine Druckluftanlage zur Normalausrüstung gehört. Alle anderen

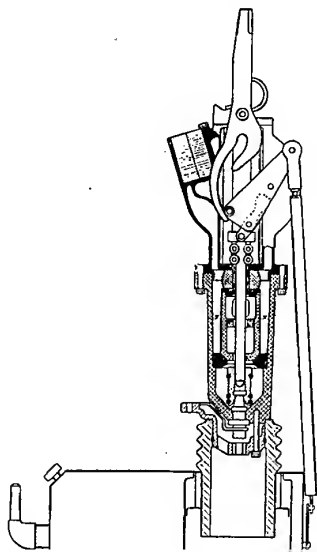


Bild 4 Schnitt durch einen 10 kV-Expansionsschalterpol

Schalter haben grundsätzlich einen Federspeicher für automatisches Einschalten, welcher von Hand mittels Einsteckhebel in einer oder mehreren Stufen gespannt wird; diese Anordnung kann unter Beibehaltung des vollwertigen Handantriebes durch einen Druckluftantrieb ergänzt werden. Wir halten diese Selbstbeschränkung für einen Vorzug für alle Beteiligten, zumal jetzt auch Druckluftausrüstungen für Einzelschalter existieren, welche mit Motorantrieben konkurrieren können.

In diesen durch Aufbau und Antriebsarten geschaffenen Rahmen fügen sich auch ungewöhnliche Schaltertypen, die Hochstromschalter, ein. Unter Erhaltung der Säulen bzw. der Expansionskammern und damit auch des Schaltvermögens sind dem Nennstrom keine durch

das Schaltprinzip gezogene Grenzen gesetzt. Der über den Nennstrom der Grundform hinausgehende Stromanteil wird über einen parallel zum Leistungsschalter angeordneten Stromschalter geführt. Das Bild 3 zeigt einen 1000 MVA-Schalter der Reihe 10 für 4000 A (Schalter bis 6000 A sind normal). Beim Ausschalten trennen zuerst die Strommesser die Parallelstrombahn; in der zweiten Stufe wird der Stromkreis in der Kammer unterbrochen; in der dritten Stufe erfolgt das bei allen Schaltern auf Wasserbasis übliche bzw. notwendige Abtrennen der Expansionskammer, um jede länger dauernde Spannungsbeanspruchung des nassen Isoliermaterials zu vermeiden.

Was bis jetzt über die modernen Schalter gesagt wurde, ist zwar wichtig und z.T. maßgebend, bezieht sich jedoch im wesentlichen auf „Äußerlichkeiten“. Deshalb noch einiges über den aktiven Teil, die Expansionskammer; sie hat unter konsequenter Beibehaltung des Prinzips konstruktiv manche Wandlungen durchgemacht.

Die Vorform war eine vom Ölschalter entlehnte starre Dampfkammer in einem metallischen Behälter. Die mit fortschreitender Isolierstofftechnik möglich gewordene, metallarme oder gar metallfreie Konstruktion der Außenkammer (des Behälters) brachte eine Steigerung der Spannungsfestigkeit, so daß es mit der Weiterentwicklung der starren zur elastischen Innenkammer möglich wurde, Spannungen bis 60 kV zu beherrschen. Die lange Jahre gültige Form dieser elastischen Kammer war ein aus hohlen Normalelementen aufgebautes Rohr, das in der Lage war, an jeder Stoßstelle zu öffnen; sie bewährte sich, wurde aber bei leichteren Schaltern in ein geschlossenes Rohr verwandelt, das lediglich an dem Sitz über der Dampfkammer öffnen und am anderen Ende durch Schlitze sich wirksam entlasten kann (Bild 4). Diese Konstruktion, die außerdem noch den technischen Vorzug der gesteigerten Spannungsfestigkeit hat, ist jetzt die Standardform aller Kammern, die mit einer Löschflüssigkeit auf Wasserbasis arbeiten. In Verbindung mit einer richtigen Abstimmung zwischen Schaltstift-Durchmesser und -Geschwindigkeit und Flüssigkeitseigenschaften gelang es, mit dieser Kammer, z.B. bei dem neuen 100 MVA-Schalter, den Hub des Stiftes um 35 % zu verkürzen; dieser Fortschritt ist von Bedeutung, weil der Hub zweimal in die Höhenabmessungen eingeht.

Die bis jetzt behandelten Geräte sind Standard-Bauformen. Die mannigfaltigen Anwendungsgebiete ließen auch Sondertypen entstehen, z.B. einen Expansionsschalter für Schlagwetterbetriebe (Bild 5), der in gekap-

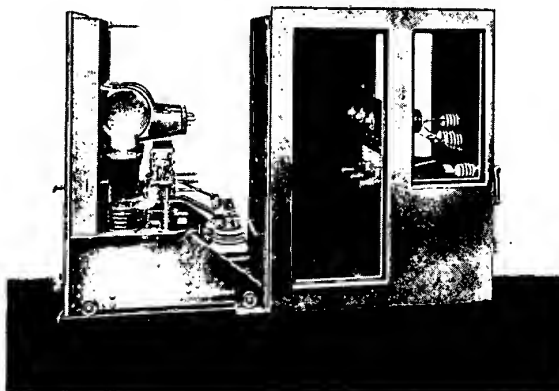


Bild 5 Schlagwetter-Expansionsschalter, 6 kV, 200 A, 75 MVA

selter Form durch Wandler, Meßinstrumente usw. ergänzt eine selbständige Schalteinheit bildet.

Eine ähnliche, gegenüber der normalen Bauform abgewandelte Type mit unteren Steckerstiften und hori-

zontaler Trennstelle findet Anwendung bei geschotteten Schalteinheiten, welche sowohl als Einzelelemente als auch zu beliebig großen Anlagen aneinandergereiht gebraucht werden. Die geschottete Einheit (Bild 6) bzw. Anlage ist eine Weiterentwicklung der gekapselten Anlagen; geschottet bedeutet: wirksame Abtrennung durch geerdete Zwischenwände zwischen dem Leistungsschalter mit Wandlern und den Sammelschienen, Kabelanschlüssen und dem Sonderraum für Meßinstrumente, Relais, Druckluftapparate usw. mit Anschlußklemmen für Meß- und Steuerleitungen. Die elektrische Verbindung zwischen den 3 Haupträumen erfolgt über Steckerdurchführungen, die innen den Steckkontakt enthalten und jenseits der senkrechten Schottenwand die Sammelschienen bzw. die Kabelanschlüsse tragen. Der obere Steckerstift ist als Trennstift ausgebildet und erfüllt den gleichen Zweck wie das Trennmesser bei normalen Expansionsschaltern. Die Einheit enthält keinen Trennschalter. Er wird dadurch ersetzt, daß man den Leistungsschalter so weit vorfährt, daß die unteren Steckerstifte den vorgeschriebenen Trennschalterabstand haben.

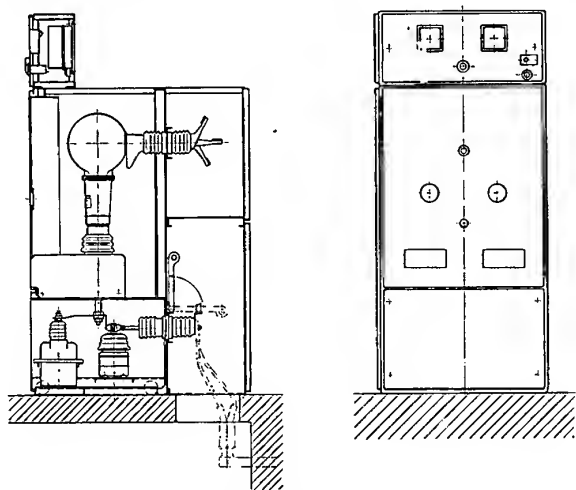


Bild 6 Geschottete Expansionsschalteinheit, Reihe 10, 600 A, 200 MVA, Leistungsschalter und Wandler ausfahrbar

Bei ganz ausgefahrenem Leistungsschalter sind die Stekerdurchführungen durch die geerdeten Jalousien abgedeckt. Wir halten den mit dieser Anordnung in vieler Beziehung erzielten Fortschritt noch nicht für einen Abschluß, vor allem in Verbindung mit den so aktuell gewordenen gekapselten Freiluft-Anlagen. In diesem Zusammenhang sei noch bemerkt, daß die Kältengrenze eines modernen Wasserschalters durch die als Schmiermittel verwendeten Fette und Öle gegeben ist, da die Schaltflüssigkeit einen Stockpunkt von -85°C hat.

Nach gleichem Prinzip arbeitend, enthalten die Freiluft-Expansionsschalter Öl als Löschflüssigkeit, da die Aufwendungen zu groß werden, um bei Spannungen über 60 kV mit einer leitenden Schaltflüssigkeit Isolierprobleme zu beherrschen. Trotz der anderen Löschflüssigkeit und der Anpassung an die Freiluft-Bearbeitungen ist auch bei dieser Gerätegruppe der gleiche Aufbau, die Stand- oder Säulentype beibehalten. Das Bild 7 zeigt alte und moderne Bauformen, und zwar für die Reihenspannungen 60, 110 und 220 kV. Die Urform bestand aus 2 Säulen je Pol; in der einen trägt ein Stützer die aufgesetzte Leistungskammer, während die zweite als Antriebsäule mit dreh- und schwenkbaren Auslegern ausgebildet ist. Die Funktion ist klar zu erkennen; im ausgeschalteten Zustande ist der Leistungskammer also eine Lufttrennstelle wie bei Innenraum-Schaltern vorgeschaltet. Dieser ölarne Leistungsschalter für 100 kV bei einer hohen Schalteistung war damals (1931) ohne Vorbild und die der Leistungskammer vorgeschaltete Lufttrennstrecke bedeutete den Respekt des

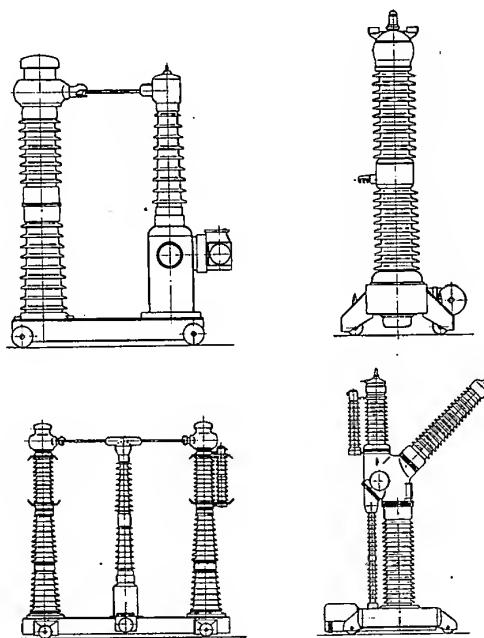


Bild 7 Freiluft-Expansionsschalter, Entwicklung der Bauform
oben: Schalter für 60 und 110 kV,
unten: Schalter für 220 kV.

Konstrukteurs vor den mit der neuartigen Konstruktion verbundenen Spannungs- bzw. Isolierstoffproblemen. Diese Type bewährte sich in großen Stückzahlen. Die durch Versuche und wachsende Betriebserfahrungen positiver und negativer Art gewonnene Sicherheit ließ die Verwirklichung des nächsten Schrittes zu.

Von der Vorgängertype blieben — äußerlich betrachtet — nur noch die Leistungssäule und der Druckluftantrieb übrig. Den Drehisolator finden wir (Bild 8) als leichten Isolierstab mit hin- und hergehender Be-

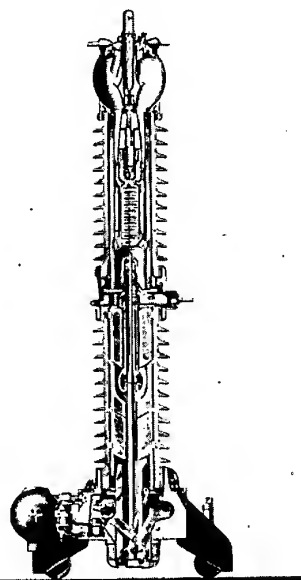


Bild 8 Freiluft-Expansionsschalter 110 kV, 600 A, 2500 MVA.
Schnitt durch einen Pol.

wegung wieder. Die Funktion des Auslegers als Trennmesser hat die Öltrennstrecke übernommen und seine zweite Funktion als Antriebsselement in Verbindung mit dem Stiftgetriebe im Säulenkopf das am Fuß des Stützers im Öl laufende, vom benachbarten Druckluftantrieb be-

tätigte Getriebe. Die Schaltleistung ist gegenüber der Urtype bei etwa gleichen Abmessungen verdoppelt worden; der Schalter ist in der neuesten Form auch außergewöhnlichen Beanspruchungen, z. B. den Umschlagstörungen gewachsen. Die Methoden, mit denen dies erreicht wurde, sind mannigfaltig; es gehören u. a. dazu

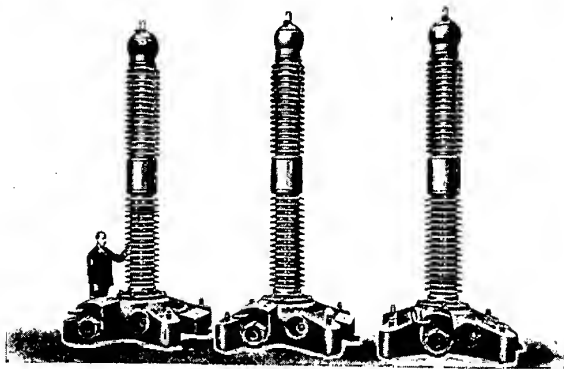


Bild 9 · Freiluft-Expansionsschalter, 150 kV, 600 A, 3500 MVA

die mit kleinen Massen möglichen schnellen Getriebe, die z. T. erheblichen Verbesserungen der Werkstoffe und die Umkehrung der Stiftbewegung bzw. Verlegung der Unterbrechungsstelle nach oben, über welcher nur ein Minimum beim Abschaltvorgang in Bewegung gesetzt wird. Bei praktisch gleichen Außenabmessungen entsteht eine weitere Variante mit 4000 MVA.

Eine Weiterbildung dieser Standardtype ist der 150 kV-Schalter in Bild 9, in seiner Auflösung in drei Einzelpole bereits ein Übergang zu den Geräten höherer Spannung; seiner Verwendung in starr geerdeten Netzen bzw. der einpoligen Kurzunterbrechung entsprechend wird er mit je einem Antrieb pro Pol ausgerüstet; im übrigen ist er in seiner Säule ein quasi in die Länge gezogener 110 kV-Schalter. Neu an ihm ist das in Bild 10 schematisch dargestellte Schaltstiftgetriebe. Die vom Druckluftantrieb kommende Bewegung wird in dem nach Art eines Drill-Bohrers oder eines Füllhaltertriebes ausgebildeten Getriebe stark übersetzt in eine hin- und hergehende Bewegung des Schaltstiftes verwandelt. Es handelt sich also mit Ausnahme des Schaltstiftes um eine reine Drehbewegung von Teilen mit geringsten Massenträgheitsmomenten. Diese Kon-

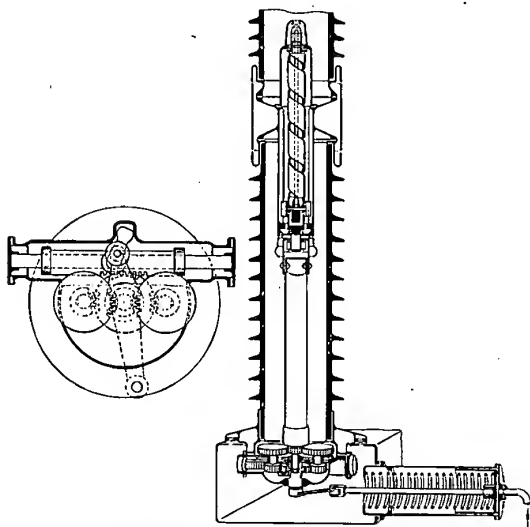


Bild 10 Freiluft-Expansionsschalter 150 kV, 600 A, 3500 MVA.
Schematische Darstellung eines Pol-Antriebes

struktion läßt das Getriebe noch schneller werden als das vorher beschriebene, so daß dieses Gerät in Verbindung mit schnellen Auslösern den heutigen Forderungen nach kürzesten Wiederzuschaltzeiten und Einhaltung einer entsprechenden spannungslosen Pause entspricht.

Eine ähnliche Entwicklung hat der 220 kV-Leistungsschalter genommen (s. Bild 7). Die Urform besteht aus zwei Leistungssäulen und einer dritten, der Antriebs säule mit schwenk- und drehbarem Doppeltrennarm mit der beim 110 kV-Schalter schon beschriebenen Funktion. Eine Rückbildung dieses Aufbaues in der vorher geschilderten Art hätte bei den zwei getrennten, aber aufeinander gesetzten Expansionskammern eine auch bei Freiluft-Schaltanlagen unerwünschte Höhe ergeben. Der Zwang, niederer zu bauen, ergab eine Konstruktion nach Bild 11. Grundsätzlich ein Säulenschalter, besteht sie aus drei selbständigen, mit je einem Antrieb versehenen Einzelpolen. Das Fahrgestell ist als Druckluftvorratsbehälter ausgebildet, der Stützisolator ist für Stromwandlereinbau geeignet; parallel dazu liegt eine keramische Antriebswelle. Über dem Stützer erfolgt eine Verzweigung; in etwa senkrechter Verlängerung die eigentliche Leistungskammer mit parallel geschaltetem Widerstand und unter einem Winkel von 45° die seitlich auskragende Reststromkammer.

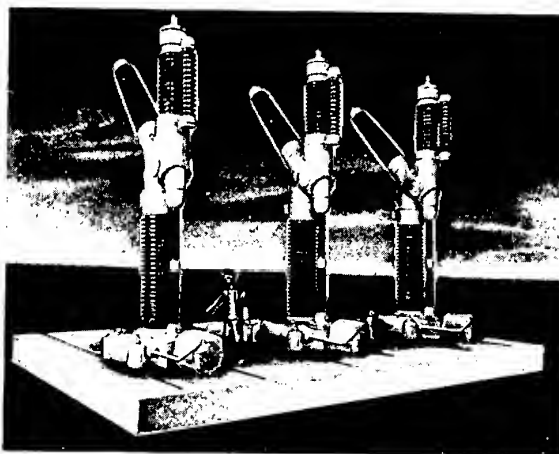


Bild 11 Freiluft-Expansionsschalter, 220 kV, 600 A, 8000 MVA

Die Antriebs- und Getriebetechnik ist identisch mit der bei dem 150 kV-Schalter beschriebenen und damit sind es auch die Schaltzeiten bzw. Geschwindigkeiten. Während das Einschalten in beiden Kammern nahezu gleichzeitig erfolgt, schaltet die Reststromkammer beim Ausschalten erst dann, wenn der Widerstand mit Sicherheit eingeschaltet ist. Es entsteht auch die gleiche Type für Verwendung in einem starr geerdeten 300 kV-Netz; sie unterscheidet sich von dieser durch einen etwas höheren Stützer bzw. eine längere keramische Welle und eine etwas längere Reststromkammer.

Bild 12 zeigt noch den Entwurf des 400 kV-Expansionsschalters; er besteht aus zwei hintereinandergeschalteten 220 kV-Schaltern, welche lediglich nach Erde höher isoliert sind; er besitzt ein Fahrgestell pro Pol, welches in seinem Hauptteil als Druckluftbehälter ausgebildet ist; jeder Halbpole hat einen eigenen Antrieb.

Zusammenfassend ist festzustellen: Der moderne Stand der Expansionsschalbertechnik zeigt das Bestreben, unter konsequenter Beibehaltung des Prinzips den Forderungen der anwendenden Technik gerecht zu werden. Fortschritte werden u. a. erzielt durch z. T. wesentliche Steigerung der Schaltleistungen, Erhöhung der Zuverlässigkeit, Verringerung der Abmessungen, der Gewichte und möglichst universelle Anwendbarkeit der Geräte.

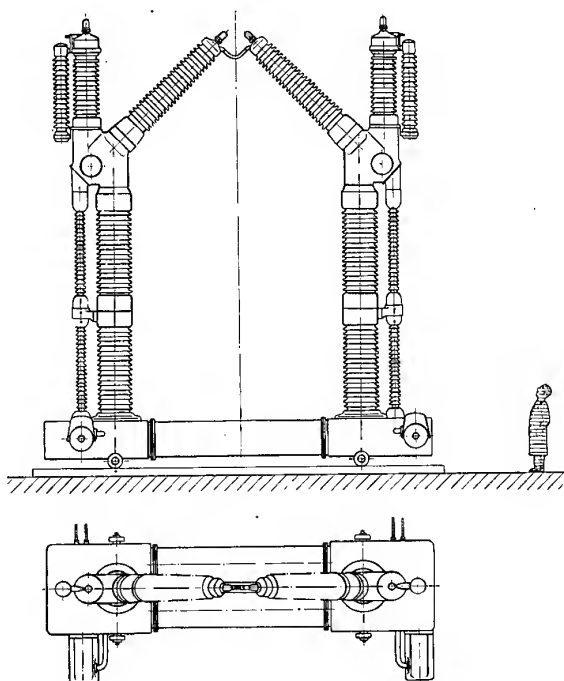


Bild 12 Freiluft-Expansionsschalter, 400 kV, 1000 A, 12 000 MVA.

Aussprache

Herr K. Autenrieth, Frankfurt a. M.: Die Ausführungen des Vortragenden haben gezeigt, in welcher Weise man heute bestrebt ist, die Schaltgeräte den Forderungen des Schaltanlagenbaues, insbesondere im Gebiet der Innenraum-Mittelspannungsschalter, weitgehend anzupassen. Die dabei erwähnten Vorteile werden jedoch nicht nur bei der Säulenbauart, sondern in gleicher Weise auch bei Schaltern in der Durchführungsbauweise, wie sie im ersten Lichtbild des Berichters gezeigt wurden, erreicht. Im Fahrgestell lassen sich, unmittelbar mit dem Schalter fest verbunden, der Antrieb, das Schalterschloß, Spannungsauslöser, Wandlerauslöser, thermischer Auslöser und Meldeschalter unterbringen. Ein besonderer Vorteil dieser Anordnungen ist, daß diese Teile auch bei in Betrieb befindlichen, unter Spannung stehenden Schaltern ohne Gefährdung des Bedienenden zugänglich sind, eingestellt und überprüft werden können. Bei Anwendung von Kraftantrieben könnten bei dieser Bauform ebenfalls lange Gestänge vermieden werden, so daß eine kraftschlüssige Übertragung zwischen Antrieb und Schalterwelle gewährleistet ist. Auch die Forderung, den Antrieb in einer für den Bedienenden bequemen Höhe anbringen zu können, kann bei dieser Bauform erfüllt werden. Bei der Untersuchung von Löschflüssigkeiten, die aus einer Mischung von Wasser und einem Frostschutzmittel bestehen, hat sich ergeben, daß man bei vorsichtiger Abkühlung zwar auf Temperaturen in der Größenordnung von -80° kommen kann. Werden in eine solche Flüssigkeit bei der Abkühlung Kristallisationskerne gebracht, z. B. Staub oder kleine Eiskristalle (wie sie bei Unterkühlung eines Schalters an den Wänden auftreten könnten), oder wird die Flüssigkeit er-

schüttet, so erstarrt sie bereits bei Temperaturen von -40° — -50° . Der in dem Bericht genannte Wert von -85° dürfte damit im praktischen Betrieb nicht erreicht werden können. Allerdings dürfte auch diese höhere Erstarrungstemperatur kein Hindernis für die Anwendung einer solchen Löschflüssigkeit darstellen, da derartige Temperaturen insbesondere im Innenraum außerordentlich selten auftreten.

Vortragender: Es ist selbstverständlich, daß auch mit Durchführungsschaltern Hochspannungsschaltanlagen moderner Prägung gebaut werden können. Als Vorzug der in dem Fachbericht beschriebenen Säulenbauweise läßt sich jedoch anführen, daß sie keinen Transportrahmen, oder für die fahrbare Variante gar ein zusätzliches Fahrgestell erfordert. Die Hinweise des Herrn Autenrieth zeigten im übrigen, daß eine erfreuliche Übereinstimmung in der Beurteilung der für den Schaltanlagenbau wichtigen Eigenschaften von Hochspannungsschaltern besteht.

Die Feststellungen des Herrn Autenrieth über die Erstarrungstemperaturen von Wasser-Glykol-Gemischen sind richtig. Die in dem Bericht erwähnte, unter besonderen Voraussetzungen erreichbare Tiefsttemperatur eines 60prozentigen Glykol-Wasser-Gemisches von -85°C sollte auch nur die paradoxe Tatsache beleuchten, daß eine in seiner Unbrennbarkeit immer noch als Wasser zu bezeichnende Flüssigkeit kältefester als normales Schalteröl ist, daß also Expansionsschalter, die mit solchen Flüssigkeiten betrieben werden, die wichtigste Voraussetzung besitzen, um in den jetzt so aktuellen gekapselten Freiluftschaltanlagen eingesetzt zu werden.

Herr H. Böcker, Mannheim: Der Herr Vortragende hat an Hand der Bilder des Expansionsschalters für 220 kV erläutert, daß der Abschaltvorgang in zwei Stufen vor sich geht. In der ersten Stufe wird ein Widerstand in den zu unterbrechenden Stromkreis eingeschaltet, und in der zweiten Stufe wird die endgültige Unterbrechung herbeigeführt. Hierzu werden zwei Schaltkammern benötigt. Es würde mich interessieren zu erfahren, ob die Einschaltung des Widerstandes durch Öffnung eines Vorkontaktes in der erstbetätigten Schaltstrecke vor sich geht und ob die beiden Schaltstrecken dann bei der endgültigen Unterbrechung einen Schaltvorgang nach Art der Vielfach-(Zweifach-)Unterbrechung ausführen. Meine Frage lautet mit anderen Worten auch: stehen am geöffneten Schalter zwei hintereinanderliegende Schaltstrecken mit ihrem vollen Isoliervermögen gegen die wiederkehrende Spannung zur Verfügung, oder dient die erste Schaltstrecke — vom Herrn Vortragenden als Leistungsschaltkammer bezeichnet — lediglich der Aufhebung der Überbrückung am Widerstand, so daß die Isolierung gegen die wiederkehrende Spannung allein von der zweiten Schaltkammer übernommen werden muß?

Vortragender: Die erste Schaltstrecke, die sogenannte Leistungskammer, dient der Aufhebung der Überbrückung des Widerstandes. Die Isolierung gegen die wiederkehrende Spannung wird von der entsprechend dimensionierten zweiten Schaltkammer, der sogenannten Reststromkammer, allein übernommen, nachdem in ihr der durch Betriebsspannung und Widerstand gegebene Reststrom unterbrochen wurde.

Überspannungsableiter im Rahmen der Isolationskoordination von Hochspannungsanlagen

Von F. Parschalk

Unsere heutigen Anschauungen über den Netzschutz beschränken sich nicht nur auf den Überstrom- und Kurzschlußschutz durch moderne Schutzrelais, sondern verlangen auch ebenso klare Maßnahmen zum Schutze der Hochspannungsanlagen gegen Überspannungen. Als Über-

spannungen bezeichnen wir alle jene im Netz auftretenden Spannungswerte, welche mehr als 15 % über der normalen, dauernden Betriebsspannung liegen. Je nach der Ursache werden dabei die in Bild 1 angegebenen drei Arten von Überspannungen unterschieden, nämlich:

- 1. Betriebsfrequente Überspannungen, verursacht insbesondere durch plötzliche Lastabschaltungen. Ihre Höhe überschreitet kaum die 1,3fache Betriebsspannung, und ihre Dauer kann durch die bekannten Schutzmaßnahmen auf wenige Sekunden oder Minuten begrenzt werden.
- 2. Schalt- und Erdschlußüberspannungen, deren Ursachen in der Bezeichnung ausgedrückt sind. Ihre Größenordnung liegt bei der 2- bis 2,5fachen Betriebsspannung und ihre Dauer innerhalb einer oder weniger

Art	Größenordnung		Schutz-Maßnahmen
	Höhe	Dauer	
Betriebsfrequente Überspannungen	1,15 1,3fache Betriebsspannung	Sekunden bis Minuten	Regulierung der Maschinen und Umspanner, Spannungs-Schnellregler und Relais; Kompensations Drosseln.
Schalt- u. Erdschluß- Überspannungen	2- 2,5fache Betriebsspannung	Halbwellen der Netzfrequenz	Moderne Leistungs- Schalter; Erdschluß-Löschspulen.
Atmosphärische Überspannungen	Einige 100 kV bis mehrere 1000 kV	Mikrosekunden (10^{-6} s)	Erdschleife, gute Erdung; Koordination der Isolation; Schutz- und Sicherheitsfunkenstrecken; Überspannungsableiter; Kondensatoren.

Bild 1 Die Arten von Überspannungen und die Schutzmaßnahmen

Halbwellen der Netzfrequenz. In Netzen mit isoliertem Nullpunkt ohne Erdschlußlöschspulen können durch intermittierende Erdschlüsse allerdings höhere Überspannungen auftreten; ebenso beim Abschalten langer, leerlaufender Leitungen durch Leistungsschalter, deren Konstruktion auf diese kritischen Schaltvorgänge noch zu wenig Rücksicht nimmt.

3. Atmosphärische Überspannungen, durch direkte und indirekte Blitzeinschläge, deren Höhe fast unbegrenzt ist und deren Halbwertdauer eine Größenordnung von 50 μ s hat. Durch zweckmäßig angeordnete Erdseile können zwar direkte Einschläge in die Leiterseile weitgehend vermieden werden. Da aber die Blitzströme Größenordnungen bis 100 kA und mehr erreichen können, nehmen Erdseile und Maste auch bei sehr kleinen Erdungswider-

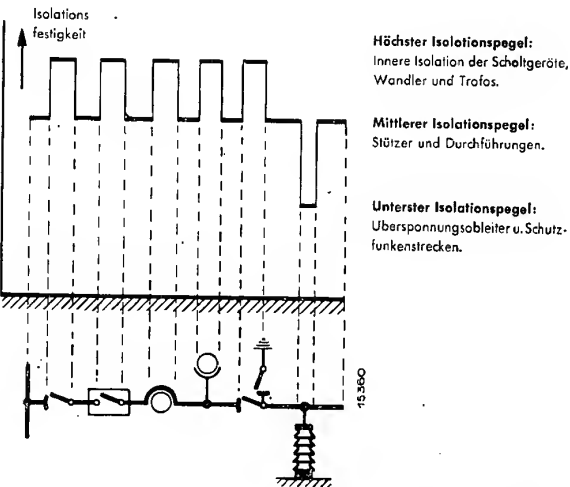


Bild 2 Isolationsabstufung der Anlagenteile in Hochspannungsanlagen

ständen Potentiale an, die zum Überschlag auf die Leitung führen können. Diese Überspannungen laufen in Form von Wanderwellen in unsere Stationen ein.

Während wir uns gegen die beiden erstgenannten Arten von Überspannungen durch Einwirkung auf ihr Entstehen und durch genügende Isolation schützen können, ist dieser Weg bei den atmosphärischen Überspannungen schon aus wirtschaftlichen Gründen nicht gangbar. Es

muß hier die sogenannte Isolationskoordination der Hochspannungsanlagen angewandt werden. Dieser bereits international gewordene Begriff [1] umfaßt die Gesamtheit der zu ergreifenden Maßnahmen, um in elektrischen Anlagen Durchschläge infolge von Überspannungen zu verhindern und Überschläge, soweit sie mit wirtschaftlich tragbaren Mitteln nicht vermieden werden können, auf Stellen zu beschränken, an denen sie möglichst keinen Schaden anrichten und den Betrieb nicht stören können. Dazu gehört die uns geläufige Wahl der Isolationshöhe abhängig von der Betriebsspannung, aber auch eine nach neueren Forschungsergebnissen zweckmäßig gewählte Isolationsabstufung einer Anlage und der Anlagenteile in sich selbst.

Für diese Isolationsabstufung innerhalb einer Station werden gemäß Bild 2 drei Isolationspegel angestrebt, und zwar:

- a) der höchste Isolationspegel, umfassend die inneren Isolationen der einzelnen Anlagenteile, wie Wicklungen von Transformatoren und Meßwandlern, sowie die Schaltkammern von Leistungsschaltern. Hierzu gehören auch die geöffneten Unterbrechungsstellen von Trennschaltern, Leistungstrennschaltern und Sicherungen,
- b) der mittlere Isolationspegel, umfassend die Stützer und Durchführungen mit ihren Sicherheitsfunkenstrecken, soweit solche erforderlich sind,
- c) der unterste Isolationspegel, wozu in erster Linie Überspannungsableiter als sogenannte Ventilableiter

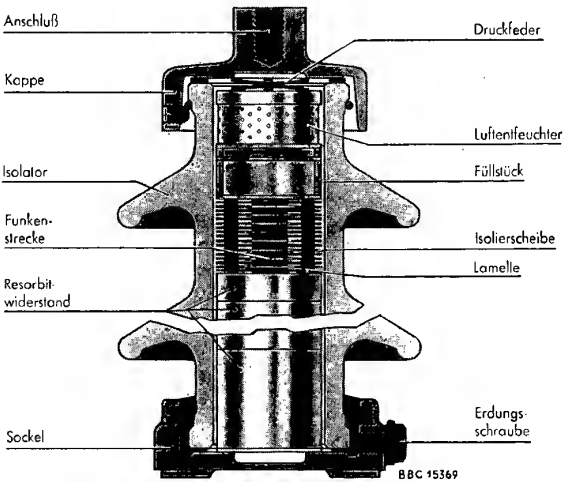


Bild 3 Aufbau eines Überspannungsableiters für Hochspannungsanlagen

herangezogen werden. Hierzu gehören aber auch die einfachen Stabfunkenstrecken als selbstlöschende oder nicht selbstlöschende Schutzfunkenstrecken.

Der grundsätzliche Aufbau eines solchen Überspannungsableiters (Ventilableiter) ist in Bild 3 angegeben. Allen modernen Ausführungsformen gemeinsam ist eine Vielfachfunkenstrecke und damit in Reihe liegend eine Anzahl spannungsabhängiger Widerstandselemente. Beide Glieder sind in einen Porzellankörper eingebettet, der durch eine Metallkappe und einen solchen Sockel sorgfältig luftdicht abgeschlossen ist. Bei Höchstspannungsableitern werden zusätzlich Vorrichtungen zur Spannungssteuerung mit dem Ziel einer höheren Ansprechgenauigkeit angeordnet.

Die Wirkungsweise ist bekanntlich folgende: bei normaler Betriebsspannung verhält sich der Überspannungsableiter wie ein Nichtleiter. Trifft aber eine Überspannungswelle, wie z. B. in Bild 4 oben angegeben, auf den Ableiter, so zündet seine Funkenstrecke, sobald die Überspannung die Ansprechspannung des Ableiters erreicht.

Durch den einsetzenden Stromfluß nach Erde wird die Überspannungswelle abgeleitet. Der Strom erzeugt an den Widerständen des Ableiters eine Spannung, die sogenannte Restspannung (Bild 4 unten). Damit diese bei großen Ableitströmen nicht zu hoch ansteigt und die Anlagenisolation gefährdet, werden spannungsabhängige Widerstände benutzt, deren Spannungswert sich mit zunehmendem Strom weniger als proportional vergrößert.

Zur Verwirklichung des tiefsten Isolationspegels einer Anlage muß der Überspannungsableiter bei Stoß eine Ansprechspannung aufweisen, deren Scheitelwert sicher genug unter dem mittleren Isolationspegel des Stationsmaterials liegt. In Bild 5 ist beispielsweise die 50 %ige Ansprechspannung U_a (Stoß) eines Überspannungsableiters mit Nennableitvermögen 10 kA, bei Stoßwelle 1/50 als Vielfaches der Reihenspannung U_r aufgetragen und zum Vergleich dazu beispielsweise der mittlere Iso-

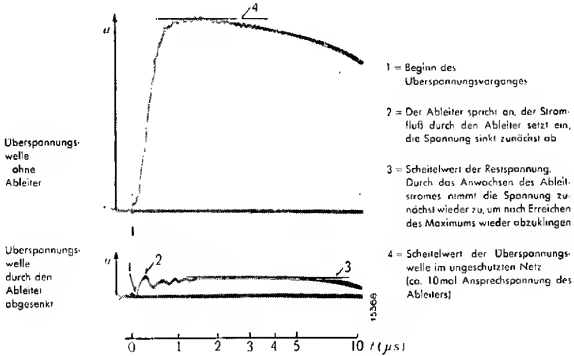


Bild 4 Schutzwirkung des Überspannungsableiters

lationspegel nach den Regeln und Leitsätzen des SEV; es zeigt sich ein gut ausreichender Sicherheitsabstand zwischen diesen beiden Isolationsniveaus.

Die in Bild 5 weiterhin eingetragene Restspannung (Begrenzungsspannung) ist eine ebenfalls wichtige Größe für die Beurteilung der Wertigkeit eines Überspannungsableiters. Die Restspannung muß auf einen bestimmten Ableitstrom bezogen werden. In den Leitsätzen des SEV [2] ist der Begriff Nennableitvermögen eingeführt worden. Bei diesem bestimmten Ableitstrom mit 25 bis 30 μ s Halbwertdauer darf die Restspannung des Ableiters einen festgelegten Höchstwert nicht überschreiten. Die Einhaltung dieser zweifellos sehr glücklich gewählten Bestimmung ist wesentlich für die ganze Isolationskoordination.

Aus Kostengründen wäre es naheliegend, den untersten Isolationspegel statt durch Überspannungsableiter durch einfache Schutzfunkenstrecken zu bilden. Bild 6 läßt erkennen, daß bei steilen Stoßwellen die Schutz-

funkenstrecke infolge ihres Ansprechverzuges eine viel höhere Ansprechspannung als der Ableiter aufweist, so daß damit die Isolationskoordination gefährdet wird. Nur der Ableiter arbeitet praktisch ohne Verzug und somit unabhängig von der Steilheit der Stoßwelle und deren Polarität. Der Ableiter vermeidet auch jede Lichtbogenbildung in der Station.

Nun bewegen sich die Blitzströme nach statistischen Messungen [3] nicht nur bis zum Nennableitvermögen,

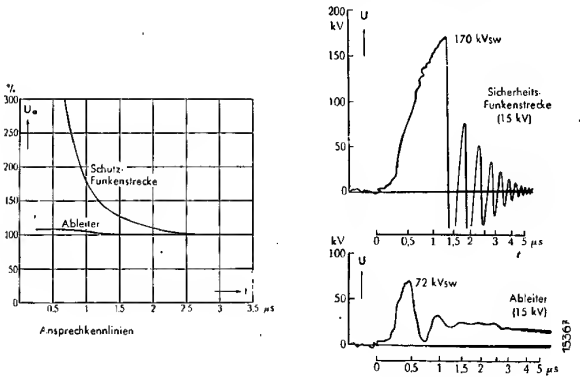


Bild 6 Ansprechkennlinie von Ableiter und Schutzfunkenstrecke

sondern erreichen nach Bild 7 links auch Werte bis 100, ja bis 200 kA. Vom Überspannungsableiter ist zu fordern, daß er so hohe Ströme abzuleiten vermag, ohne beschädigt zu werden oder sich nachteilig zu verändern. Außerdem darf seine Restspannung auch bei derart großen Ableitströmen nicht so hoch steigen, daß sie die Isolationsfestigkeit der Anlageteile gefährdet. Die rechte

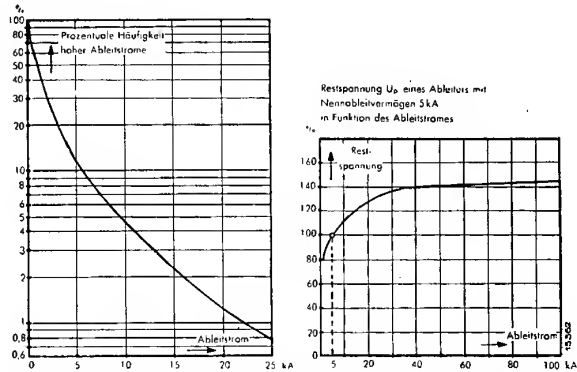


Bild 7 Häufigkeit hoher Ableitströme und Restspannung eines Überspannungsableiters

Kennlinie in Bild 7 beweist, daß es gelungen ist, dem spannungsabhängigen Widerstandsmaterial der Ableiter eine sehr vorteilhafte Charakteristik zu geben.

Durch diese Grundeigenschaften moderner Überspannungsableiter erscheint das betrieblich und wirtschaftlich erstrebenswerte Ziel der Isolationskoordination von Hochspannungsanlagen sichergestellt. Eine wesentliche Voraussetzung ist aber noch, daß bei der Herstellung von Überspannungsableitern durch laufende Zwischenkontrollen und durch eine ausreichende Endprüfung jedes einzelnen Ableiters die Sollwerte nachgeprüft werden. Eine Stoßanlage mit Kathodenstrahloszillographen, ein Höchstspannungsprüffeld, modernste, weitgehend automatisierte Fertigungsmethoden und beste Fachkräfte geben erst die Gewähr für dauernde Zuverlässigkeit dieses modernsten Schutzgliedes.

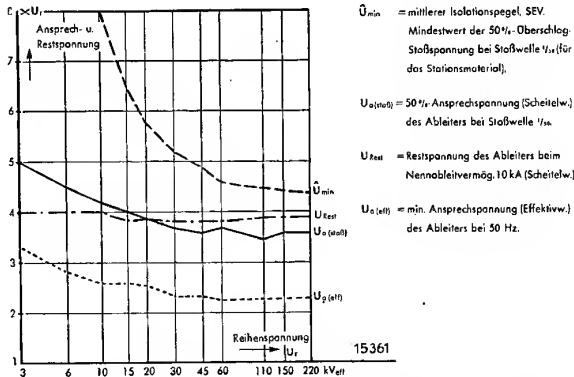


Bild 5 Ansprech- und Restspannung von Überspannungsableitern mit Nennableitvermögen 10 kA

Bild 8 zeigt eine Reihe Überspannungsableiter für Nennspannungen 3... 60 kV mit einem Nennableitvermögen von 10 kA und einem Grenzableitvermögen von 200 kA. Ihre schlanke Form hat den Vorzug geringen Platzbedarfes bei Innenraumaufstellung. Neben dieser Hochleistungstypen besteht noch eine Normaltype mit einem Nennableitvermögen von 5 kA und einem Grenzableitvermögen von 100 kA.

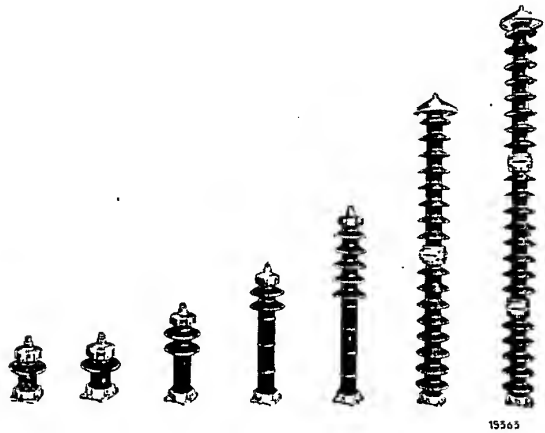


Bild 8 Überspannungsableiter Reihe 3... 60 für Innenraum- oder Freiluftaufstellung

Bei den Ableitern für höchste Spannungen hat sich gemäß Bild 9 das Bausteinprinzip bewährt. Transport, Einbau und Anpassung an die Betriebsverhältnisse werden dadurch sehr erleichtert. Der 220 kV-Ableiter in Bild 9 rechts läßt auch die Anordnung der Potentialsteuerringe erkennen.

Der Betriebsleiter wird es begrüßen, wenn ihm durch einen Ansprechzähler die Frage beantwortet wird, ob ein Überspannungsableiter im Betrieb angesprochen hat und wieviele Überspannungen abgeleitet wurden. Das Beispiel

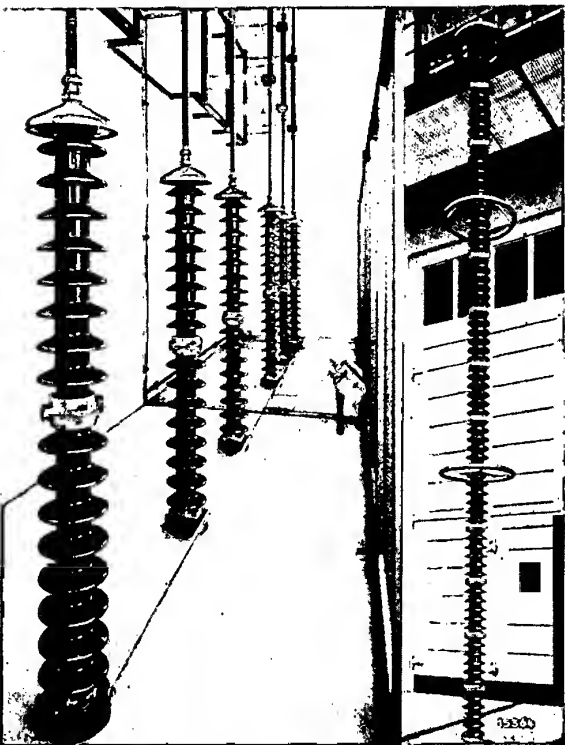


Bild 9 Überspannungsableiter für höchste Spannungen

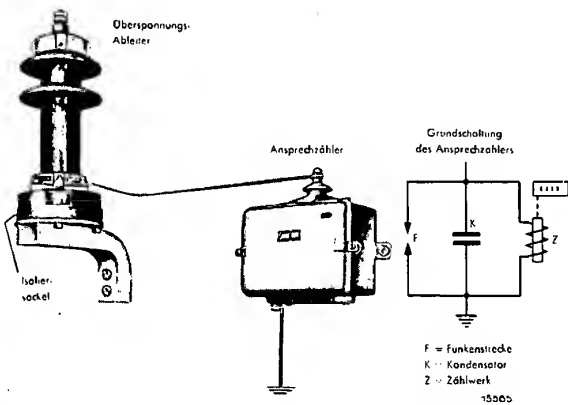


Bild 10 Ansprechzähler für Überspannungsableiter

nach Bild 10 zeigt einen solchen Ansprechzähler, der je Ableiter-Satz oder für jeden einzelnen Ableiter vorgesehen werden kann. Er enthält eine Funkenstrecke F , zu der ein Kondensator K und eine Wicklung mit Anker Z parallelgeschaltet sind. Wird eine Stoßwelle vom Ableiter abgeleitet, so wird der Kondensator aufgeladen, die Funkenstrecke spricht beim Erreichen einer gewissen Spannung an, und die Überspannung wird zur Erde abgeleitet. Der aufgeladene Kondensator entlädt sich über die Wicklung und bewirkt ein Anziehen des Ankers. Dieser betätigt das hinter einem Schauglas angeordnete Zählwerk. Irgendwelche Hilfseinrichtungen sind nicht erforderlich, und der Ansprechzähler bedarf auch keiner Wartung.

Es verbleibt noch die nicht unbedeutende Frage: wo sind in der Anlage die Überspannungsableiter anzuordnen, um einen wirksamen Schutz zu erzielen? Die theoretischen Grundlagen hierfür sind uns heute geläufig. Für Projektierungszwecke leistet uns folgende darauf aufgebaute Faustregel gute Dienste:

Der Schutzbereich eines Ableiters beträgt so viele Meter wie die Nennspannung in kV ist, mindestens aber 25 m. Die wirtschaftliche Seite versagt uns aber oft die konsequente Durchführung, so daß es sich fast immer

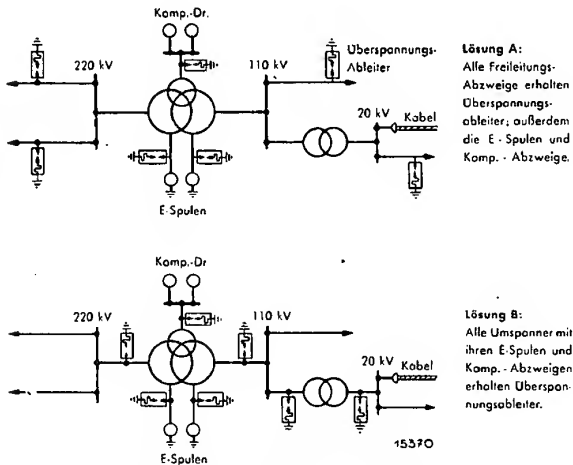


Bild 11 Anordnung von Überspannungsableitern in einem Umspannwerk

darum handelt, einen optimalen Kompromiß zwischen Sollen und Können zu finden. Im allgemeinen kristallisieren sich hierbei die beiden in Bild 11 für ein Umspannwerk gezeigten Lösungen heraus. Bei der Lösung A erhalten alle Freileitungsabzweige einen Satz Überspannungsableiter, während nach Lösung B nur die Umspanner als wichtigste zu schützende Objekte Überspannungsableiter zugeordnet erhalten, allerdings unter teilweise

Verzicht auf einen Schutz der Schaltgeräte. Falls an die Umspannernullpunkte Erdschlußlöschspulen angeschlossen oder die Nullpunkte herausgeführt sind, empfiehlt es sich sehr, auch diese mit sogenannten Nullpunktbleitern zu schützen, die jedoch für die Phasenspannung bemessen werden. Ihr Zweck ist zusätzlich noch folgender:

Wird ein größerer, vom Transformator gespeister Netzteil bei bestehendem Erdschluß plötzlich abgeschaltet, so wird die magnetische Energie der Löschspule durch den Wegfall der Leitungskapazität frei und erzeugt unter Umständen erhebliche Überspannungen, die sowohl die Löschspule als auch den verbleibenden Netzteil gefährden können. Auch beim Abschalten von Ladestrom-Kompensationsdrosseln sind Überspannungen durch hochfrequente Ausgleichsvorgänge möglich; ein Überspannungsableiter wird diese auf ungefährliche Werte beschränken.

In ausgedehnten Anlagen mit großem Energietransport sollten aber die technischen Gesichtspunkte gegenüber den wirtschaftlichen Überlegungen im Vordergrund stehen; dort wird man also die Lösungen A und B gleichzeitig anwenden, wobei auch geprüft werden kann, ob die Überspannungsableiter statt an die Transformatoren in die Sammelschienen gesetzt werden sollen. Die amerikanische Praxis, und in neuerer Zeit auch die deutsche, wählen die Anordnung von Überspannungsableitern in den Freileitungsabgängen und dicht bei den Transformatoren in der klaren Überlegung, den wertvollsten Objekten der Anlage den wirksamsten Schutz zu geben.

In Kraftwerken kann es vorkommen, daß die Generatoren unmittelbar auf Freileitungen arbeiten (Bild 12, Fall 1) oder daß zusätzlich noch Freileitungen höherer Spannung über Transformatoren versorgt werden (Bild 12, Fall 2). Für große Kraftwerke wird nur Fall 2 in Betracht kommen. Dem Überspannungsschutz von Generatoren in Kraftwerken und großen Motoren in Industrieanlagen, soweit sie direkt oder indirekt mit Freileitungen zusammenhängen, ist in neuerer Zeit größere Aufmerksamkeit geschenkt worden, weil erkannt wurde, daß der freileitungsseitig angeordnete Überspannungsableiter die Maschine nicht ausreichend schützen kann [4]. Der Grund liegt darin, daß Maschinen normalerweise gegen Erde etwas schwächer isoliert sind als Transformatoren und daß ihre Windungsisololation gegen steile Wellen empfindlicher ist. Solche Stoßwellen können auf die Maschine aber auch auftreten, wenn zwischen Freileitung und Maschine ein Transformator geschaltet ist.

Es empfiehlt sich daher die Anordnung eines Überspannungsschutzes, wie er in Bild 12 eingezeichnet ist, nämlich:

Im Fall 1 erhält der Freileitungsabgang einen normalen Überspannungsableiter A1. An der Maschine wird ein Maschinenableiter A2 mit kleinerer Ansprechspannung und höherer Restspannung als A1 aufgestellt. Er ist mehr der Maschinenisolation koordiniert und überläßt dem leitungsseitigen Ableiter das Schlucken der großen Stoßströme. An den Maschinennullpunkt wird ein Nullpunktstableiter angeschlossen, der gleich oder etwas tiefer eingestellt ist wie der Maschinenableiter und die Aufgabe hat, die am Nullpunkt durch Reflexion aufgestaute Welle abzuleiten. Wird im Falle 1a der leitungsseitige Ableiter etwa 500 m vor den Maschinenableiter angeordnet, so erreicht man gleichzeitiges Ansprechen der beiden Ableiter und damit eine vollkommene Schutzwirkung bei steilen Stoßwellen. Dieses dazwischenliegende Leitungsstück muß dann durch ein Blitzseil gegen direkte Einschläge geschützt werden. Während die Überspannungsableiter in erster Linie amplitudenbegrenzend wirken, vermag ein Kondensator die Stoßwelle abzuflachen. Zum Schutz der gegen steile Wellen sehr empfindlichen Windungsisololation der Maschine wird ihr im Falle 1a noch ein Kondensator mit einer Kapazität von etwa 0,05 ... 0,1 µF zugeordnet. Im Fall 1b ist dieser Kondensator entbehrlich, wenn das Maschinenkabel etwa 300 m lang ist,

da es dann in der Lage ist, die Aufgabe des Kondensators zu übernehmen.

Im Fall 2, wobei zwischen Maschine und Freileitung ein Umspanner liegt, gelten für die Anordnung und Bemessung der Überspannungsableiter grundsätzlich die gleichen Überlegungen. Infolge der Dämpfung durch den Trafo ist der Kondensator entbehrlich, und in den meisten Fällen (Stern-Dreieck-Transformatoren) kann auch auf den maschinenseitigen Ableiter verzichtet werden [5].

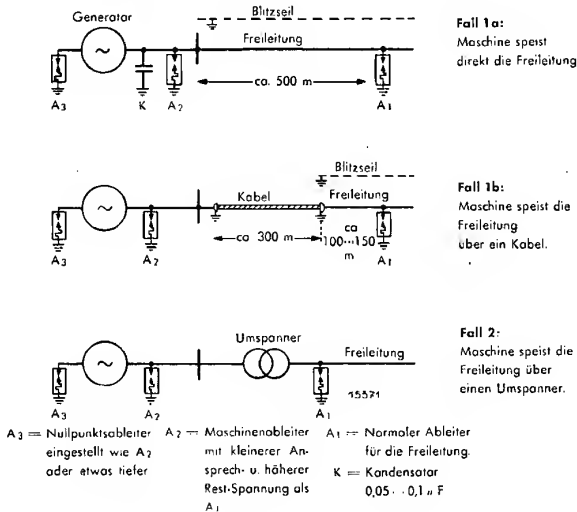


Bild 12 Anordnung von Überspannungsableitern an Generatoren

Diese kurzen Ausführungen mögen dazu anregen, den Grundgedanken der Isolationskoordination in den Hochspannungsanlagen durch Einbau moderner Überspannungsableiter noch vollständiger als bisher zu verwirklichen, um noch höhere Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu sichern.

Schrifttum

[1] Publikation Nr. 183 des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV), Regeln und Leitsätze für die Koordination der Isolationsfestigkeit in Wechselstrom-Hochspannungsanlagen.

[2] Publikation Nr. 163 d des SEV, Leitsätze für den Schutz elektrischer Anlagen gegen atmosphärische Überspannungen.

[3] Mc. Eachron, Mc. Morris: Electrical Engineering, Juni 1938.

[4] E. M. Hunter, N. E. Dillow: General Electric Review, Mai 1950.

[5] H. Meyer: Bulletin des SEV, 1945, Nr. 14.

Aussprache

Herr A. Findeiß, Töging a. Inn: Sind bereits Zahlen über die Bewährung von 100 kV-Ableitern bekannt? Lassen sich solche Zahlen für Gebiete (USA, Schweiz) angeben, in denen die Ableiter bereits länger verwendet werden?

Vortragender: Überspannungsableiter für höchste Spannungen und neuester Ausführung sind meines Wissens in Europa, vor allem in der Schweiz, in Frankreich und in Schweden seit längerer Zeit anstandslos in Betrieb. Genauere Unterlagen über die Anzahl der eingebauten Ableiter und über die Ansprechzahlen liegen mir jedoch im Augenblick leider nicht vor.

Einführender: Wieweit ist die Technik des Ableiterbaues im Ausland und wieweit finden die Ableiter in den Hochspannungsanlagen des Auslandes Verwendung? Ist es möglich, Funkenstrecken, die in größerem Ausmaß noch Verwendung finden und auch an den Hochspannungsapparaten vorhanden sind, mit den Ableitern vernünftig zu koordinieren?

Vortragender: Die Technik des Ableiterbaues im Ausland ist ursprünglich sehr stark von der deutschen Entwicklung beeinflusst worden, hat dann im Laufe der letzten Jahre eine erhebliche Vervollkommenung erfah-

ren. Insbesondere in den USA, in der Schweiz, Frankreich und Schweden gehört heute der Überspannungsableiter (Ventilableiter) zur selbstverständlichen Schutzeinrichtung von wichtigen Anlagen und insbesondere von größeren Transformatoren, die mit dem Freileitungssystem zusammenhängen.

Die einfachen Schutzfunkenstrecken, welche die Aufgabe des Überspannungsableiters ersetzen sollen, werden meines Wissens z. Z. noch in England teilweise angewandt. Es handelt sich dabei jedoch nicht um die Sicherheitsfunkenstrecken an den Hochspannungsgeräten, sondern um getrennt aufgestellte Schutzfunkenstrecken. Die Isolationskoordination ist mit solchen getrennten Schutzfunkenstrecken wesentlich schwieriger. Das damit verbundene Auftreten von offenen Lichtbögen in Hochspannungsanlagen bedeutet eine gewisse Gefahr für die Anlage. Da es sich in England um geerdete Netze handelt, hat das Ansprechen einer solchen Schutzfunkenstrecke sehr leicht das Ansprechen von Leistungsschaltern wegen des Erdkurzschlusses zur Folge. Bei solchen Vorgängen sind schon Schäden an Leistungsschaltern aufgetreten. Die übrige europäische Praxis wendet sich deshalb von den einfachen Schutzfunkenstrecken ganz ab, zugunsten des Ventilableiters.

Herr J. Biermanns, Helsa b. Kassel: Der Herr Vortragende hat uns in unübertrefflicher Klarheit über das Wesen der unseren Hochspannungsanlagen drohenden Überspannungen, über ihre Erscheinungsformen und über die gegen sie zu ergreifenden Schutzmaßnahmen ins Bild gesetzt. Bei Betrachtung der von ihm gezeigten Bilder könnte es vielleicht manchem der hier anwesenden Vertreter der Elektrizitätswerke erscheinen, als wenn in ihnen eine übertriebene Häufung von Überspannungsableitern zum Ausdruck gekommen wäre. Es ist aber meine Überzeugung, daß man bezüglich des Einbaues von Überspannungsableitern in unsere Hochspannungsstationen nicht leicht zu viel tun kann. Dies ergibt sich aus der Tatsache, daß der moderne Ventilableiter ein verhältnismäßig wohlfeiler und betriebssicherer Apparat von hervorragender Schutzwirkung ist und eine verhältnismäßig billige Versicherung, insbesondere für die Transformatoren darstellt. Gerade letzteres wird durch die Tatsache unterstrichen, daß beispielsweise nach den statistischen Ergebnissen eines großen Verbundbetriebes etwa 30% aller aufgetretenen Transformatorschäden auf Gewittereinwirkung zurückzuführen waren. Die Gewitterüberspannungen sind immer noch der größte Feind des ungestörten Betriebes unserer Hochspannungsnetze, und der Überspannungsableiter ist das sicherste Mittel, um sie von unseren Stationen fernzuhalten.

Natürlich ist es nicht so, daß man nun einen einmal eingebauten Ableiter jahrzehntelang in irgendeiner Ecke der Anlage unbeachtet sein Dasein fristen lassen kann. Ein Apparat von dem Ihnen vorhin gezeigten komplizierten inneren Aufbau und der schweren ihm zugemuteten Aufgabenstellung kann natürlich Anspruch auf eine gewisse Pflege erheben, und man sollte sich zur Regel machen, den Ableiter etwa alle fünf Jahre einer genauen Prüfung zu unterziehen, die sich vor allem auf seine Ansprechspannung zu erstrecken hat, von der wir ja wissen, daß sie sich insbesondere bei älteren Ableitern im Laufe der Zeit erniedrigen kann. Wenn dies eintreten sollte, so sprechen die Ableiter bei allen möglichen Überspannungen an, die sie gar nichts angehen, die aber häufig so lange andauern, daß der Ableiter durch den nachfolgenden Maschinenstrom thermisch zugrunde geht. In dieser Beziehung stellen unsere Netze schärfere Bedingungen an die Ableiter als etwa die amerikanischen mit ihrer starren Nullpunktserdung, da bei uns bei Erdschlüssen die volle verkettete Spannung und unter Umständen auch noch mehr für längere Zeit an den Ableitern auftreten kann. Man sollte sich also besonders bei uns davor hüten, die Ansprechspannung des Ableiters zu niedrig anzusetzen.

Da in den vorhergegangenen Diskussionen und auch in dem uns gebotenen Vortrag viel die Rede von amerikanischen Ableitern und amerikanischen Erfahrungen war, möchte ich doch darauf hinweisen, daß der Ableiter mit Löschfunkenstrecke und spannungsabhängigem Widerstand in Deutschland entstanden ist. Dieser Ableiter wurde bereits bei der AEG Anfang der zwanziger Jahre entwickelt, so daß wir in Deutschland über eine langjährige und reiche Erfahrung mit diesem Ableiter verfügen, die bezüglich ihrer Betriebssicherheit und ihrer Schutzwirkung in keiner Weise hinter ausländischen Ausführungen zurückstehen.

Herr H. Grünewald, Witten-Annen: Herr Parschalk hat berichtet, daß im Ausland und besonders in der Schweiz sehr eingehend und sorgfältig ausgearbeitete Vorschriften für den Überspannungsschutz elektrischer Anlagen und für Überspannungsschutzgeräte bestehen.

Ich möchte darauf hinweisen, daß seit einigen Monaten die VDE-Kommission 0675 ihre Arbeit wieder aufgenommen hat und Leitsätze für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen berät. Der Krieg und die Nachkriegsereignisse sind die Ursache dafür, daß wir in Deutschland nicht schon längst über moderne Leitsätze für den Überspannungsschutz verfügen, obwohl die theoretischen und forschungsmäßigen Grundlagen dazu bereits vor 15 bis 20 Jahren gelegt worden sind.

Die Anregung von Herrn Prof. Dr. Biermanns, den Überspannungsschutz der deutschen Hochspannungsnetze möglichst schnell und vollkommen auszubauen, möchte ich mit dem Hinweis unterstützen, daß im Ausland auf diesem Gebiet wesentlich mehr getan wird als dies bei uns der Fall ist. Dort hat sich die Erkenntnis längst durchgesetzt, daß nur mit einem umfassenden Überspannungsschutz das angestrebte Ziel, wertvolle Geräte und Vermögensteile vor vorzeitigen Schäden zu schützen, erreicht werden kann. Sicherlich ist manchem von Ihnen die Zahl von sieben Überspannungsableitern in einer 220/110 kV-Anlage, wie sie Herr Parschalk in einem Lichtbild als grundsätzliches Beispiel zeigte, etwas hoch erschienen. In amerikanischen Hochspannungsanlagen wird aber tatsächlich der Überspannungsschutz in derart vollkommener Weise durchgeführt.

Ich glaube, die kurzen Ausführungen von Herrn Parschalk über die Verwendung von Rohrableitern (selbstlöschende Schutzfunkenstrecken) in Hochspannungsanlagen etwas ergänzen zu müssen, damit Mißverständnisse vermieden werden. Es ist nicht zu bestreiten, daß die Stoßkennlinien von Ventilableitern erst unterhalb einer Mikrosekunde aus ihrem waagerechten Verlauf anzusteigen beginnen und daß die Stoßkennlinien von Rohrableitern schon unterhalb von etwa zwei Mikrosekunden ansteigen. Außerdem liegt bei gleicher Nennspannung die Stoßkennlinie eines Ventilableiters tiefer als die eines Rohrableiters, d. h. der Ventilableiter senkt die ankommende Stoßspannung noch etwas stärker ab als der Rohrableiter. Trotzdem sind mit Rohrableitern nicht nur Stützer und Durchführungen, sondern auch Kabel und Umspanner ausreichend zu schützen, da die Stoßkennlinien dieser Geräte im Bereich unter etwa zwei Mikrosekunden ebenfalls steil ansteigen und höher liegen als die Stoßkennlinie von Rohrableitern, vorausgesetzt, daß diese richtig bemessen sind. Es darf also nicht etwa der Eindruck entstehen, als ob man mit Rohrableitern den Überspannungsschutz unserer Anlagen nicht in ausreichendem Maße sicherstellen könnte. In einem Umspannwerk oder einer größeren Schaltanlage, wo beträchtliche wirtschaftliche Werte zu schützen sind, wird sich auch immer der Einbau hochwertiger Ventilableiter wirtschaftlich rechtfertigen lassen. Für die weit größere Zahl kleiner Umspannstellen und Ortsnetz-Transformatorstationen ist aber ein umfassender Überspan-

nungsschutz wirtschaftlich nur unter Einsatz von Rohrableitern durchführbar. Auch in den USA haben die Rohrableiter dieses Verwendungsgebiet weitgehend erobert. Herr Parschalk hat angegeben, daß in den USA Rohrableiter nur im Netz verwendet werden. Dies ist so zu verstehen, daß die Rohrableiter wie bei uns in den Netzen (also nicht in den Hauptumspannwerken) für den Überspannungsschutz der zahlreichen Umspannstellen verwendet werden.

Vortragender: Die Frage der Rohrableiter konnte im Fachbericht aus Zeitgründen nur gestreift werden. Außerdem ist dieses Gebiet noch stark im Entwicklungsfluß und es bedarf noch bedeutender Arbeit zur entwicklungsmäßigen und technischen Abklärung. Die Rohrableiter sind infolge ihrer Wohlfeilheit sicher ein geeignetes Mittel zur Begrenzung von Überspannungen, speziell in Mittelspannungsnetzen und evtl. in Anlagen geringerer Bedeutung. Die Entwicklungstendenz auf diesem Gebiet in Amerika zeigt jedoch ein deutliches Bestreben zur Vervollkommenheit der Rohrableiter.

Herr J. Grondéy, Bottrop: Die Faustformel des Vortragenden gibt für 110 und 220 kV den Ableiter-schutzbereich von 110 bzw. 220 m an. Dieser Wert liegt angeblich weit über bisher genannten Werten. Um eine Erklärung dieser Tatsache wird gebeten.

Vortragender: Die angegebene Faustformel, wonach die Schutzdistanz so viele Meter beträgt als die Nennspannung in kV, mindestens aber 25 m, beruht auf Überlegungen, welche mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Stoßwelle und der Wellensteilheit, sowie mit der Reflexion der Stoßwelle zusammenhängen. Es ist dabei eine mittlere Wellensteilheit von 1000 kV/µs zugrunde gelegt, und die Formel berücksichtigt auch die mögliche Tatsache, daß der Überspannungsableiter nicht vor dem Schutzobjekt, sondern hinter demselben angeordnet ist. Bei Berücksichtigung dieser Formel darf angenommen werden, daß die zu schützenden Objekte noch sicher im Schutzbereich des Ableiters liegen. Die Richtigkeit dieser Faustformel wird durch statistische Ergebnisse bestätigt.

Gruppe E — Antriebe und Lichttechnik

Einführung

Von W. Krämer

Auf dem weiten Gebiet der elektromotorischen Antriebe zeichnet sich überall das Bestreben ab, die bekannten Eigenschaften des Elektromotors, vor allem des Motors mit Nebenschlußkennlinie, immer weiter an die vielfachen Eigentümlichkeiten der Arbeitsmaschinen und Fördereinrichtungen anzupassen. Hierbei hat nicht nur sein übliches Verhalten durch Betonung und Unterdrückung bestimmter Eigenarten mannigfache Abänderungen erfahren — es haben auch fast alle übrigen Gebiete der Elektrotechnik dazu beitragen müssen, normalen Maschinenausführungen Eigenschaften zu geben, die sie von vornherein nicht besitzen. So ist beispielsweise durch die Einbeziehung der Bauelemente der Elektronik und Fernmeldetechnik eine Fülle neuer Möglichkeiten erschlossen worden, die vor allem im Ausland in großem Umfang ausgenutzt werden. Wir haben hier die Aufgabe, einen zweifellos noch bestehenden Vorsprung einzuholen. Daß wir hier auf dem besten Wege sind, zeigte uns die diesjährige Technische Messe in Hannover an vielen interessanten Beispielen.

Es sei mir ein kurzer Überblick über den derzeitigen Entwicklungsstand der elektromotorischen Antriebe gestattet.

Immer noch erweitert der Drehstrommotor als einfachster und billigster Antrieb seinen Anwendungsbereich. Trotz seiner geringen Eignung zur Drehzahländerung ist er in das Anwendungsgebiet der drehzahlsteuerbaren Motoren überall dort eingedrungen, wo kurzzeitige Drehzahländerungen seine Regelung durch zusätzliche ohmsche Läuferbelastung rechtfertigen. Hierbei halten oft elektrohydraulisch gesteuerte Bremsen das resultierende Drehmoment des Motors konstant und machen ihn damit zum Antrieb von Walzenanstellvorrichtungen, Hebezeugen und Rohrziehbänken besonders geeignet. Die elektrische Abbremsung des Induktionsmotors durch Drehfeldumkehr oder Gleichstromspeisung in Ständer und Läufer wird in zahlreichen Schaltungen verwirklicht.

In den Walzwerkshilfsantrieben, früher Domänen des Gleichstromes, hat sich der Drehstrommotor durchgesetzt. Als Hilfsantrieb ist der Rollgangsmotor mit Schlupfläufer weitgehend spezialisiert. Er hat kein Kippmoment und kann vorübergehend bis zum Stillstand abgebremst werden. Nach wie vor besteht bei der Verwendung von Kurzschlußläufermotoren großes Interesse für steuerbare Kupplungen. Als neueste Entwicklung ist hier die zuerst in Amerika gebaute Magnetpulverkupplung zu erwähnen. Sie enthält als verbindendes Medium ein Gemisch aus Eisenpulver und Öl, das sich bei zunehmender Gleichstrommagnetisierung verfestigt und die Arbeitsmaschine damit beliebig weich und praktisch ohne Verschleiß ankuppelt.

Die in den Hüttenwerken besonders hohen Anforderungen an Motor und Bedienung haben zu einer weitgehenden Ausbildung von halb selbsttätigen Schützensteuerungen geführt. An Stelle des schweren Kontrollers sind Schütze mit Meisterwalzen und Meisterschaltern getreten, die eine hohe Schalt häufigkeit gestatten und das Bedienungspersonal weitgehend körperlich entlasten. Das

gilt auch für die Bedienung von Hebezeugen, Förderanlagen und großen Werkzeugmaschinen. Bei letzteren ist durch Einführung zahlreicher Hilfsmotoren mit Druckknopfsteuerung eine völlige manuelle Entlastung des Werkmannes durchgeführt worden, der sich jetzt ausschließlich auf den Arbeitsvorgang konzentrieren kann.

Der Drehstromkollektormotor mit Nebenschlußcharakteristik und einstellbarer Drehzahl hat sich in Deutschland vor allem in der Textilindustrie ein großes Anwendungsgebiet erobert. In der Ausbildung seines Steuermechanismus wurden Fortschritte erzielt. Er konnte den besonderen Erfordernissen der Programmsteuerung weiter angepaßt werden.

Für Antriebe großer Leistung mit einer in weiten Grenzen einstellbaren Drehzahl behält der Gleichstrommotor mit veränderlicher Klemmenspannung in der Leonardschaltung oder einer ihrer modernen Modifikationen seine alte Bedeutung. Herr Lemcke wird uns in seinem Vortrag über Neuentwicklungen auf dem Gebiet der Steuerung von Gleichstromfördermaschinen mit Leonardumformern berichten.

Als neues Element in der Leonardschaltung erscheint jetzt immer häufiger die Gleichstrom-Verstärkermaschine, die Amplidyne, die als Gleichstromgenerator mit einer außerordentlich geringen Erregerleistung eine besonders niedrige Zeitkonstante verbindet. Während sie bei kleineren Leistungen unmittelbar den Leonardgenerator vertritt, wird sie bei größeren Leistungen als Erregermaschine des Leonardgenerators verwendet. Ein derartiger Antrieb hat eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit und Steuerfähigkeit bei kleiner Steuerleistung.

Vor allem in der amerikanischen Praxis werden als regelbare Gleichspannungserzeuger für Gleichstrommotoren in großem Umfang elektronische Schaltungen verwendet, deren wesentliches Element gittergesteuerte Stromrichter sind. Mit derartigen Schaltungen können höchste Verstellgeschwindigkeiten bei kleinster Steuerleistung erreicht werden. Ankerstrom, Drehzahl und Beschleunigung des Antriebsmotors sind leicht und genau in jeder Weise zu beeinflussen und selbsttätig zu regeln. Auch in Deutschland wurden Stromrichterantriebe bei höchsten Anforderungen eingesetzt und sind bereits für Walzwerkkantriebe bis zu 6000 kW Spitzenleistung ausgeführt worden. Die elektronisch gesteuerten Antriebe lassen sich je nach den gestellten Anforderungen für eine in weiten Grenzen einstellbare konstante Drehzahl, konstantes Drehmoment, konstante Leistung oder beim Antrieb von Werkzeugmaschinen für konstante Schnittgeschwindigkeit auslegen. Da sämtliche Steuereingriffe durch Potentiometerverstellungen vorgenommen werden, sind Abtaststeuerungen vom Musterstück, von Schablonen oder unmittelbar vom Werkstück leicht auszuführen.

Die neueste Erscheinung auf dem Gebiet der Stromrichterantriebe ist der Drosselregler. Er enthält einen Trockengleichrichter und wird über gleichstromvornagnetisierte Drosseln gesteuert. Wenn er auch nicht die kurzen Regelzeiten der elektronischen Schaltungen erreicht, so gestattet er doch eine Drehzahländerung in einem überraschend großen Bereich, ohne bei niedriger Drehzahl

einen nennenswerten Drehzahlabfall durch die Belastung zu erleiden. Der einfache und betriebssichere Aufbau dieses Antriebes, der neben einem normalen Gleichstrom-nebenschlußmotor nur Schaltungselemente mit praktisch unbegrenzter Lebensdauer enthält, dürfte ihm zahlreiche Anwendungen als regelbarer Antrieb für Werkzeugmaschinen und Spezialmaschinen kleiner und mittlerer Leistung sichern.

Mit einer besonderen Art von elektromagnetischen Antrieben, den Schwingantrieben oder Vibratoren, wird uns Herr Jordan bekannt machen. Geräte dieser Art, die anstatt der rotierenden Bewegung eine Schwing-

bewegung ausführen, gehen auf die ursprüngliche Arbeitsbetätigung des elektromagnetischen Wechselfeldes zurück. Als Erzeuger von Schüttelbewegungen dienen sie als Antriebe an Förderrinnen, an Misch- und Formgeräten verschiedener Art.

Aus dieser Zusammenstellung möge hervorgehen, daß trotz der ziemlich abgeschlossenen Durchbildung des Elektromotors auf dem Gebiet der elektromotorischen Antriebe immer noch eine rege Entwicklungstätigkeit herrscht und daß es bei der Fülle der Probleme und Möglichkeiten dem Elektrotechniker hier auch in Zukunft nicht an wichtigen Aufgaben fehlt.

Entwicklung und Stand der Technik von elektrischen Fördereinrichtungen für Bergwerke

Von G. Lemcke

Die heute allein wesentlichen Arten des Antriebes großer Schachtfördermaschinen sind der Antrieb durch den Gleichstrommotor in Leonardschaltung bis zu den größten vorkommenden Leistungen und der durch den Drehstrom-Schleifring-Induktionsmotor für kleinere Leistungen.

Die Entwicklung der für den Gleichstromantrieb benötigten Fördermotoren und Umformer scheint im Augenblick keine wesentlichen Fortschritte zu machen. Der Stand der Technik ist gekennzeichnet durch offene oder fremdbelüftete Fördermotoren mit Nennleistungen bis zu 3000...3500 kW bei etwa 50 U/min und Spannungen von 650...750 Volt durch Generatoren entsprechender Leistung mit Durchzugs- oder Fremdbelüftung über Luftfilter, mit 600...500 U/min, mit Antrieb über Hochspannungs-Schleifringläufer-Motoren. Eine Anlage dieser Art, die allgemeine Beachtung fand, zeigt Bild 1. Es ist von Interesse, daß die in früheren Zeiten immerhin als beachtlich empfundenen Kommutierungsverhältnisse an derartigen Maschinen, die betriebsmäßig ständig sich schnell aufbauenden Überströmen gewachsen sein müssen, so weit beherrscht werden, daß bei funkenfreiem Lauf die an dieser Maschine laufenden Bürsten seit einem Jahr nicht erneuert zu werden brauchten, wozu die Verwendung von Luftfiltern großer Oberfläche in der Zuluft sicherlich wesentlich beiträgt.

Besondere Entwicklungen an diesen Maschinen können also in letzter Zeit nicht festgestellt werden, wohl aber Neuerungen auf dem Gebiet der Steuerungen. Sie zielen auf die Verbesserung der Ausnutzung der Maschinen und die Erhöhung der Betriebssicherheit.

Die bisherigen in Deutschland vertretenen Standard-Ausführungen dieser Steuerungen sind bekannt. Die Steuerung von Brown, Boveri z.B. für diese Zwecke ist im wesentlichen gekennzeichnet durch:

1. das Einhebelssystem für die Bedienung, bei dem in sinnfälliger Zuordnung der Bewegungsrichtungen einerseits die indirekte Erregung des Leonardgenerators gesteuert, andererseits die Fahrbremse betätigt wird,
2. ein Compoundierungssystem, das die Beeinflussung der Geschwindigkeit durch Spannungsabfall im Leonardkreis aufhebt,
3. die mechanische Rückführung des Steuerhebels in den Bremszonen in bekannter Weise über den mechanischen Fahrtregler,
4. die Trennung der Elemente von Fahr- und Sicherheitsbremse,
5. eine selbsttätige elektrische Verzögerung, die eine Anpassung des Zeitpunktes für den Bremseneinsatz an die jeweils bestehenden Last- und Geschwindigkeitsverhältnisse erzwingt, eine äußerst wichtige zusätzliche Sicherheit bei einem Versagen des Maschinisten bedeutet und Zeitverluste erspart.

Die ersten dieser Kennzeichen sind bekannt, über die Bedeutung der elektrischen Retardierung bestehen auch nach jüngsten Verlautbarungen noch Unklarheiten. Da sie als wertvolles Element auch in die neueste Form der Steuerung, die anschließend behandelt werden soll, übernommen wurde, sei an dieser Stelle kurz auf das Grundsätzliche eingegangen.

Aus Sicherheitsgründen müßte ein mechanischer Retardierapparat, wenn er allein vorhanden wäre, so eingestellt werden, daß im ungünstigsten Fall, also bei größter Einhangelast und bei Ausfall des Maschinisten,

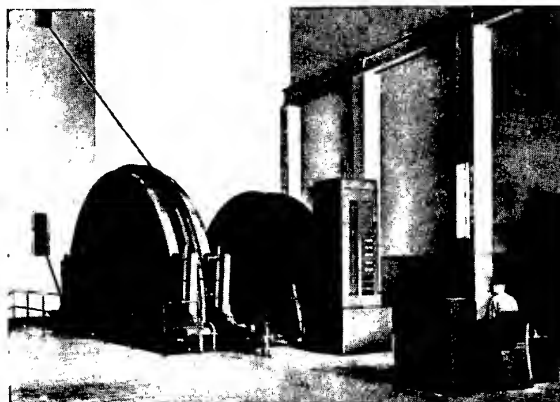


Bild 1 Einhebelsteuerstand und Fördermotor von 3030 kW bei 51 U/min mit Fremdbelüftung, für 680 V, bei 4700 A Nennstrom

die Verzögerung ohne gefährliches Übertreiben und mit dem größten zulässigen Bremsstrom erfolgt. Auf der durch diese Bedingungen festgelegten langen Bremsstrecke kann bei Förderlast die größtmögliche Verzögerung durch den höchsten Bremsstrom nicht ausgenutzt werden, oder die Maschine käme zu früh zum Stillstand, sofern der Maschinist nicht dem entgegenwirkte. Wird hingegen der mechanische Retardierapparat nur für den kurzen Bremsweg bei Förderlast eingestellt — und das ist die Regel —, so ergeben sich bei Hängelasten evtl. zu große Verzögerungen und Bremsströme. Die Maschinisten fahren dann vorsorglich entweder überhaupt nicht mit der vollen Geschwindigkeit, oder sie nehmen den Steuerhebel vorzeitig zurück. Abgesehen von dieser Beschränkung erfordert diese Manipulation die erhöhte Aufmerksamkeit des Fördermaschinenisten. Demgegenüber ermöglicht die elektrische Retardierung, die mechanische Retardierung so einzustellen, wie es für den normalen Fördervorgang unter voller Ausnutzung des Bremsmomentes der Maschine am günstigsten ist.

Wie aus Bild 2 ersichtlich ist, besteht die elektrische Retardiereinrichtung aus einer über den Teufenzeiger angetriebenen Widerstandsanordnung, die von zwei im

Ruhezustand übereinander in Deckung befindlichen Kontaktarmen überstrichen wird und deren Widerstand in den Erregerkreis eingeschaltet ist. Ein wattmetrisches System, das durch Last und Geschwindigkeit, also Strom und Spannung beaufschlagt wird, lenkt eine Anschlagsnase aus, welche bei Eintritt in die Bremszone einen der beiden Kontaktarme festhält, während der andere sich weiterdreht. Von diesem Zeitpunkt an wird zunehmend

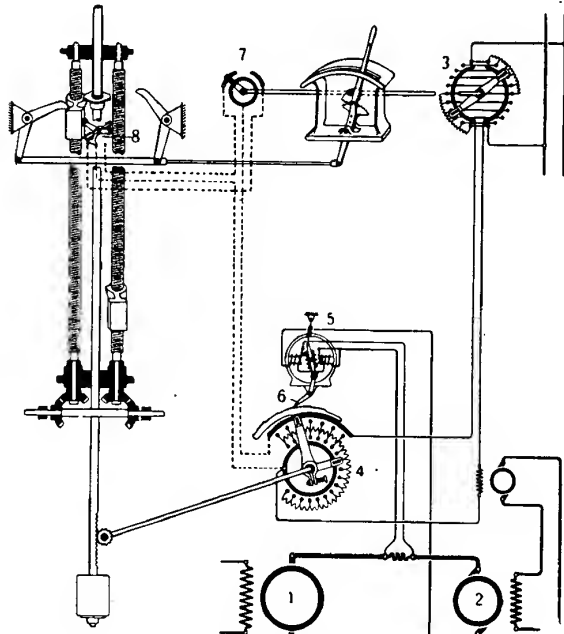


Bild 2 Elektrische Retardiereinrichtung für Gleichstrom-Fördermaschinen

Widerstand in den Erregerkreis geschaltet und der Drehzahl-Sollwert vermindert. Je kleiner die Förderlast ist, desto früher setzt die elektrische Retardierung ein, bei der größten Hängelast am frühesten. Das der mechanischen Bremsung voreilende Einsetzen der elektrischen Retardierung ist dabei so eingestellt, daß der höchstzulässige Bremsstrom bei größter Hängelast nicht überschritten wird.

Somit wird durch diese Einrichtung die Steuerung der Maschine ganz wesentlich erleichtert, indem korrigierende Eingriffe des Maschinisten auf ein Minimum herabgesetzt werden und die höchstmögliche Ausnutzung der Maschine selbsttätig sichergestellt wird. Es ist nun von

größter Wichtigkeit, daß bei einem Versagen der mechanischen Retardiereinrichtung die elektrische allein in der Lage ist, die Maschine auf eine gefahrlose Geschwindigkeit zu verzögern. Damit ist die elektrische Retardierung nicht nur ein wertvolles Glied der Steuerung, sondern auch ein entscheidendes Element der Sicherheitseinrichtungen, und es ist verständlich, daß man in grundsätzlich gleicher, nur apparativ abgewandelter Form diese Anordnung auch in die Rapid-Exakt-Steuerung aufgenommen hat.

Wenn nunmehr die Erweiterung dieser Steuerung zur Rapid-Exakt-Steuerung behandelt wird, so erhebt sich zunächst die Frage, warum man es für wünschenswert halten kann, die bisher verwendete Steuerung zu verbessern. Dazu ist folgendes zu sagen:

Einem guten Maschinisten ist es möglich, das bestmögliche Diagramm mit der bisherigen Steuerung mit einem Minimum an Steuerbewegungen auszufahren. Wie sieht dieses Diagramm aus? Es ist bestimmt durch die Höchstgeschwindigkeit, die heute bei 18...20 m/sec liegt. Dieser Geschwindigkeit soll nach Kommandogabe ohne Zeitverlust mit einer gleichmäßigen Beschleunigung zugestrebt werden, die bei etwa 1...1,5 m/sec² liegt und durch die Überlastbarkeit der Maschinen gegeben ist. Weiterhin soll die Verzögerung einen größtmöglichen Wert erreichen, der normalerweise bei 1,5...2 m/sec² liegt und durch einen ausreichenden Sicherheitsabstand von der gefürchteten Seilrutschgrenze einerseits und durch die Eigenschaften der Sicherheitsbremse andererseits gegeben ist. Ich möchte diesen Zusammenhang besonders betonen, denn die Sicherheitsbremse muß jederzeit in der Lage sein, eine aus einem Störungsgrund unterbrochene elektrische Bremsung sicher, also ohne Erreichen der Seilrutschgrenze und ohne Überschreiten der Überlaufwege zu Ende zu führen. Je näher man also betriebsmäßig sich der Seilrutschgrenze nähert, desto größere Beachtung ist deshalb einem schwingungsfreien Einfallen der Sicherheitsbremse zu schenken, schwingungsfrei deshalb, weil Oberwellen des Bremsdruckes kurzzeitig erstaunlich hohe Verzögerungswerte und damit eine Rutschgefahr erzeugen können. Wir machten diese Erfahrung beim Einbau unserer Steuerung insbesondere bei ausländischen Anlagen mit bereits vorhandenen Bremsen.

Wie aus allen Gebieten der industriellen Antriebstechnik bekannt ist, liegt es im Zuge der modernen Entwicklung, Steuerungen durch Regelungen zu ersetzen, also die Reaktionen, die den erwähnten Maschinisten als Idealtyp kennzeichnen würden, in die Apparatur zu verlegen, das heißt in unserem Falle, den Maschinisten ein Startkommando geben zu lassen, worauf das ideale Diagramm selbsttätig ausgefahren wird. An seinem Ende muß sich die Maschine in einem Betriebszustand mit einer minimalen Einlaufgeschwindigkeit, z. B. 0,3 m/sec befinden, die ein sicheres Stillsetzen von Hand nach Maßgabe der Seilmarke erlaubt, sofern man nicht auch diesen Befehl automatisiert.

Durch die Rapid-Exakt-Steuerung ist diese Forderung erfüllt worden. Dabei ist die schon bisher verwendete indirekte Erregung von Vorteil. Die kleinen Erregerleistungen gestatten die Verwendung jahrzehntelang entwickelter und bewährter Schaltungselemente, insbesondere der Wälzsektorschnellregler. Es ist zweifellos Ansichtssache, ob der vielleicht um wenige Zehntelsekunden schnellere Feldaufbau bei direkter Erregung, der nur beim Anfahren eine Rolle spielt, jene Vorzüge aufwiegt, die in der Vermeidung etwa zwanzigfach höherer Steuerströme, in einer weichen Beanspruchung des Geschirrs und einem schmiegsamen Betrieb liegen. Daß Fälle von Betriebsstörungen infolge Versagens der Feldregleinrichtungen an mittelbar gesteuerten Fördermaschinen bisher nicht aufgetreten sind, war im vorliegenden Falle mit ein Grund für die Beibehaltung dieses Prinzips.

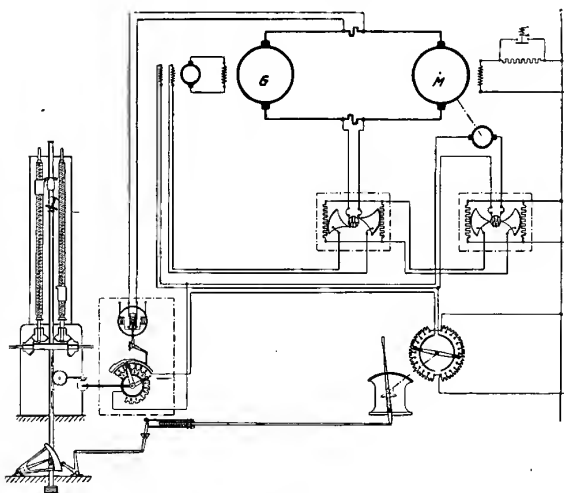


Bild 3 Rapid-Exakt-Steuerung, Prinzip der Drehzahlregelung und Strombegrenzung

Wie aus Bild 3 ersichtlich ist, wird durch den Steuerapparat die eine Erregerwicklung unmittelbar beaufschlagt. Diese Wicklung ist dabei so bemessen, daß sie für sich allein die erforderliche Erregung für die Nenn-drehzahl der leerlaufenden Maschine liefert. Die andere Erregerwicklung bewirkt alle jene Korrekturen, die sich aus dem Eingreifen des Reglers ergeben, der einen Potentiometerabgriff am Steuerhebel mit der EMK einer Tachodynamo am Motor vergleicht und dabei alle äußeren Einflüsse, Erwärmung der Maschinen, ohmsche Widerstände im Leonardkreis, Drehzahlchwankungen des Umformers usw. einbezieht. Im Bilde finden sich die wesentlichen Elemente für diesen Regelvorgang wieder. Das Meßwerk des Spannungsschnellreglers rechts im Bilde wird durch die Differenz Sollwert minus Istwert der Drehzahl, ausgedrückt in Spannungen, beaufschlagt. Dieser astatistische Geschwindigkeitsregler mit vorübergehender Statik bewirkt also ein sehr schnelles Einsetzen einer Zusatz- und Übererregung über die zweite Erregerwicklung bereits bei außerordentlich kleinen Drehzahlunterschieden mit maximaler Regulierleistung, ohne daß dabei störende Pendelungen auftreten. Dabei wird eine rasche und genau wirkende Geschwindigkeitsregelung über den ganzen Bereich ermöglicht und alle genannten äußeren Einflüsse werden automatisch ausgeschaltet.

Der Spannungsschnellregler arbeitet in Verbindung mit einem in Reihe geschalteten statischen Überstrom-schnellregler derart, daß der Strom im Leonardkreis auf den Höchstwert begrenzt wird. Wie im Bilde dargestellt, arbeitet der Überstromregler in Brückenschaltung, seine Sektoren befinden sich in Ruhestellung in der End-lage. Die Mittelstellung ergäbe die Zusatzerregung Null, und in der weiteren Abwälzung kann sogar eine entgegengesetzte Wirkung der Zusatzerregung, z. B. bei sehr schneller Steuerhebelauslegung, erzielt werden.

Es ist ersichtlich, daß die Einrichtung bei Drehrich-tungswechsel ohne Umschaltungen in der gleichen Weise arbeitet. Weiter wird durch sie sichergestellt, daß das Anfahren unter Überlast gefahrlos geschehen kann. Die einzige Folge ist eine entsprechend verlängerte Anfahrzeit. Zur Anpassung an die unterschiedlichen Erforder-nisse beim Anfahren und beim Bremsen wird die Strom-grenze für die beiden Betriebsfälle verschieden festgelegt.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß im Falle eines Versagens der Regeleinrichtung der Betrieb mit der Steuerwicklung allein ohne weiteres geführt werden kann. Es ist ebenso möglich, die Maschine mit den bei-den Reglern allein zu fahren, wenn die Leistung des Spannungsschnellreglers genügend groß ist.

Über die Schnellregelung der Geschwindigkeit unter Strombegrenzung hinaus besitzt die Rapid-Exakt-Steue-rung noch eine ganze Reihe von Möglichkeiten, die teils grundsätzlicher und wesentlicher Art sind, teils in beson-deren Fällen und auf Wunsch angefügt werden können.

Eine Leistungsbegrenzung für die Anfahrperiode ist leicht dadurch zu erreichen, daß man von einer bestimm-ten Spannung der Tachodynamo an beginnend einen Widerstand vor der Betätigungsspule des Strombegren-zungsreglers zunehmend abschaltet. Damit sinkt mit stei-gender Drehzahl der Grenzwert für die Strombegrenzung.

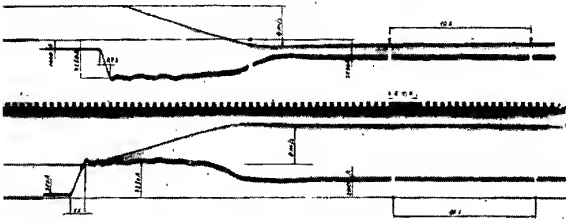


Bild 4 Regel-Oszillogramm, Leonardstrom und Drehzahl bei einem Anfahrvorgang

Das Grundprinzip der elektrischen Retardierung wurde, wie schon erwähnt, beibehalten. Der Belastungs-zustand des Motors wird durch ein Meßsystem über-wacht und im Beharrungszustand durch einen Blockie-rungsmagneten festgehalten. Der festgehaltene Meßwert bestimmt den Zeitpunkt für das Wirksamwerden der elektrischen Retardierung. Grundsätzlich bewirkt der Re-tardierungswiderstand eine Verminderung der am Soll-wertgeber liegenden Spannung, also eine Herabsetzung des Drehzahl-Sollwertes, der der Regler sofort folgt.

Neben diesen besonders erwähnten Einrichtungen, zu denen insbesondere noch eine in der Verzögerungs-

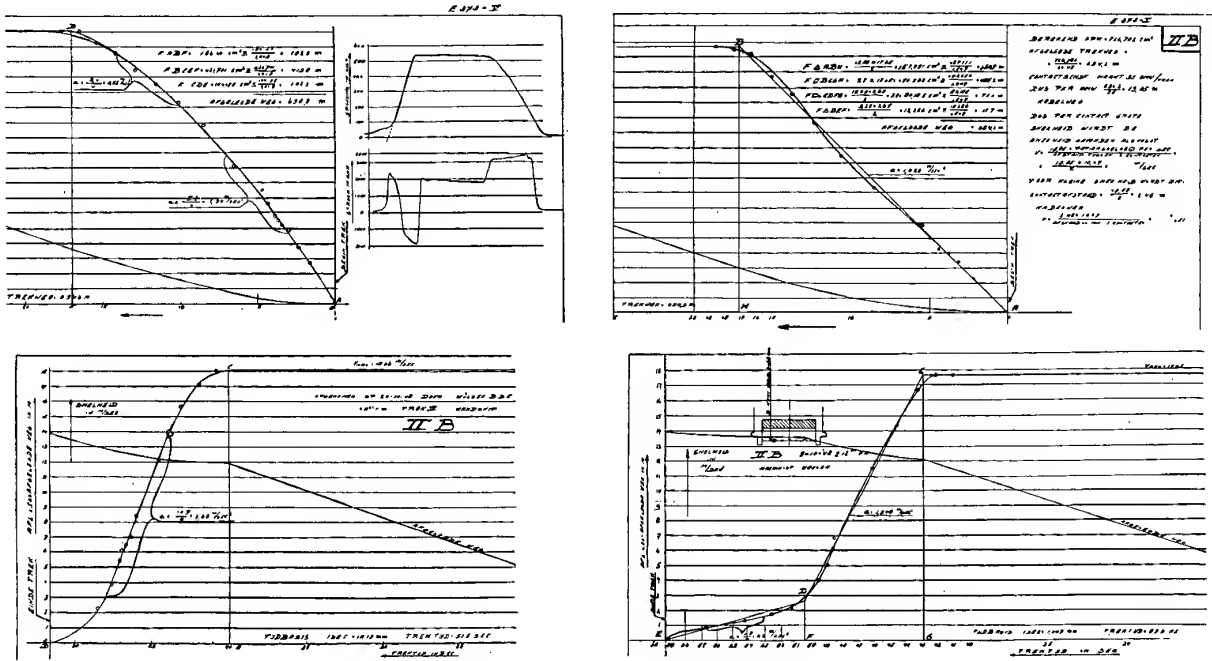


Bild 5 Anfahr- und Bremsvorgang, Drehzahl als Funktion der Zeit (rechts ohne, links mit Rapid-Exakt-Steuerung)

periode lastabhängige Geschwindigkeitsüberwachungseinrichtung gehört, sind alle jene Sicherheitseinrichtungen vorgesehen, die bei der normalen Steuerung bereits vorhanden waren.

Wenn der Sollwert auf Null zurückgeführt wird und der Steuerhebel in der Nullstellung einrastet, wird der Geschwindigkeitsregler durch eine einfache Umschaltung als Nullstromregler für den Leonardkreis herangezogen. Dadurch erzeugt der im ersten Augenblick fließende Remanenzstrom selbst sofort eine Gegenreglung, die ihn zu Null werden läßt.

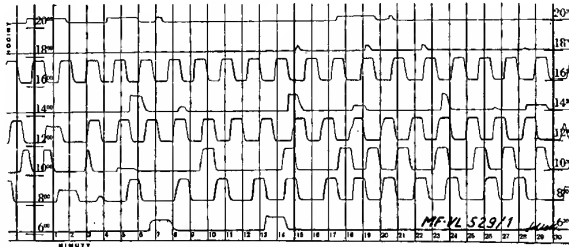


Bild 6 Schreiberstreifen eines Tachographen der Grube Werister, ausgerüstet mit Rapid-Exakt-Steuerung

Bei Einfallen der Sicherheitsbremse ist es gleichfalls erforderlich, eine sofortige Nullstromschaltung im Ankerkreis herbeizuführen. Dies wird erreicht durch eine gleichzeitige Schnellentregung des Motor- und des Generatorfeldes über Parallelwiderstände.

Das Oszillogramm im Bild 4 zeigt die Regelgeschwindigkeit des Systems an einer Versuchsanlage. Der 1,5-fache Nennstrom einer 1800 kW-Maschine wird in 0,7...1 sec aufgebaut. Man erkennt den stabilen Verlauf des Vorganges; im Bild 5 sind die Aufnahmen eines Anfahr- und eines Bremsvorganges einer Anlage mit 18 m/sec Geschwindigkeit gegenübergestellt.

Der rechte Teil des Bildes zeigt oben den Anfahr-, unten den Bremsverlauf mit normaler Steuerung. Da der

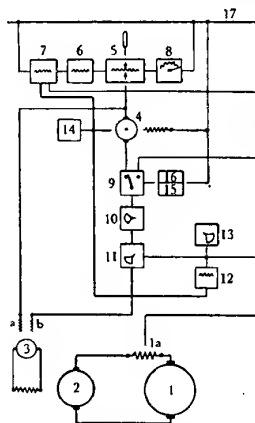


Bild 7 Prinzipschaltbild der Rapid-Exakt-Steuerung für Gleichstrom-Fördermaschinen

- 1 = Fördermotor mit
- 1a = Hilfspol- und Kompensationswicklung
- 2 = Steuerdynamo
- 3 = Erreger zu 2, mit:
 - a) Haupterregewicklung
 - b) Hilfsrerregewicklung
- 4 = Tachodynamo
- 5 = Steuerapparat
- 6 = Widerstand für Seilfahrt und Fahrt mit entkuppeltem Teufenzeiger
- 7 = Elektrische Retardiereinrichtung
- 8 = Notschalter
- 9 = Umschalteneinrichtung für Nullstromschaltung
- 10 = Geschwindigkeitsregler
- 11 = Stromregler
- 12 = Leistungsbegrenzer
- 13 = Schnellregler zum Begrenzen der Beschleunigung u. Verzögerung
- 14 = Geschwindigkeits-Überwachungseinrichtung auf dem ganzen Fahrweg
- 15 = Schalter zum Vernichten des Remanenzstromes
- 16 = Schalter auf der Sicherheitsbremse
- 17 = Gleichstrom-Hilfsnetz

Steuervorgang von Hand willkürlich ist, ergibt sich nur eine beschränkte Vergleichsmöglichkeit. Immerhin wird der gesamte Förderweg um einige Sekunden schneller durchlaufen, und die Erfahrung hat gezeigt, daß die zuverlässige Gleichmäßigkeit der Abläufe doch recht beträchtliche Zeitgewinne und damit Förderleistungsgewinne ermöglicht. Ein Bild dieser Gleichmäßigkeit gibt z. B. die 16-h-Spalte des Schreibstreifens im Bild 6.

Die Fahrdiagramme sind vollkommen einheitlich. Die sehr langen Förderpausen erklären sich aus der Tatsache, daß erst ein Versuchsbetrieb erfolgte.

Nach dem Gesagten ist aus Bild 7 das Zusammenwirken der einzelnen Glieder der Steuerung zu entnehmen.

Die wirtschaftspolitischen Verhältnisse, insbesondere die Auswirkungen des Marshallplanes haben zur Folge gehabt, daß man bei unseren westlichen und nordwestlichen Nachbarn in den letzten Jahren sich wesentlich intensiver als bei uns der Verbesserung und Erneuerung der Förderanlagen in Bergwerken widmen konnte. Diese Entwicklung hat bewirkt, daß die Vorzüge der Rapid-Exakt-Steuerung schon häufiger als bei uns zur Debatte standen, und sie konnten sich in zahlreichen Fällen durchsetzen, so daß heute bereits vier Anlagen im Betrieb und 15 im Bau sind.

Nun liegt die Frage nahe, ob nach dem geschilderten Verfahren auch eine Vollautomatisierung möglich ist. Eine unbedenkliche Vollaussage des Steuerhebels könnte ja ebenso gut durch ein Kommando mittels Druckknopfs ersetzt werden; die Regelung liefert nach Überwachung der Laufstrecke und des Verzögerungsbereiches in Zusammenarbeit mit der elektrischen und mechanischen Retardierung die Maschine am Ende der Fahrt mit minimaler Einlaufgeschwindigkeit wieder ab. Das bei halb-automatischer Steuerung dann einsetzende Stillsetzen durch Eingreifen der Betriebsbremse könnte auch durch Endschalter veranlaßt werden.

In der Tat sind von den genannten Anlagen vier für vollautomatischen Betrieb vorgesehen; die erste von ihnen wird in wenigen Wochen in Betrieb gehen. Ein Mitlaufen des Steuerhebels entsprechend der nun von der Regelung erfolgenden Sollwertgabe ist dabei vorgesehen, sowie die Möglichkeit, in jedem Augenblick wieder auf die Handsteuerung überzugehen, ebenso wie die Seilfahrt dort bestimmungsgemäß noch von Hand gesteuert werden muß.

Eine Propagierung dieser Variante kann nicht die Aufgabe der Lieferanten von elektrischen Förderanlagen sein. Das Für und Wider zu diesem Thema ist vielmehr von den Betrieben zu klären. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen bei unseren Nachbarn lassen jedoch den Schluß zu, daß die Möglichkeiten zu einer Vollautomatisierung, sei es bei der Erstellung oder bei einer späteren Erweiterung, wie sie die Rapid-Exakt-Steuerung bietet, von großem Interesse sind.

Es soll mit diesen Ausführungen nicht gesagt werden, daß die selbsttätige Regelung von Fördermaschinen durch Wälzsektorschnellregler die einzig mögliche ist. Es war vielmehr meine Absicht, an diesem praktisch bereits mit Erfolg erprobten Beispiel eine Tendenz der Entwicklung aufzuzeigen. Es liegt auf der Hand, daß auch mit anderen als Verstärker in Regelkreisen üblichen Einrichtungen an diese Aufgabe herangegangen wurde. Am bekanntesten sind jene Schaltungen, die sich dabei maschineller Regler, also der Rototroll oder Amplidyne-maschinen bedienen. Ich darf deshalb das Gesagte ab-runden durch ein Prinzipbild einer französischen Amplidyne-Regelung, die Bild 8 zeigt.

Man erkennt wieder einen Leonardkreis. Der Regelkreis vergleicht wieder eine Istspannung, gegeben durch eine Tachodynamo am Fördermotor mit einer Sollspannung an einem Potentiometerabgriff, eingestellt am Steuerhebel. Diese Spannungen würden jede für sich

allein entgegengesetzt gerichtete Ströme in der Erregerwicklung der Verstärkermaschine hervorrufen. Zusammenwirkend erzeugen sie im Gleichgewichtszustand des Systems die richtige Generatorenerregung. Wird R_2 , der Potentiometerwiderstand am Steuerhebel vergrößert, so steigt die Drehzahl.

Eine Strombegrenzung entsteht auf folgende Weise: Von Schleifringen an der Grunderregermaschine wird eine Spannung abgegriffen, über Trafo und Trockengleichrichter gleichgerichtet und als Sperrspannung einer weiteren Gleichrichterbrücke zugeführt. Wird der dem Leonardstrom proportionale Spannungsabfall an einem Shunt größer als ein zulässiger Höchstwert, so erlaubt der Gleichrichter einen Strom, der eine Entregung der Verstärkermaschine und damit der Steuerdynamo bewirkt. Eine Begrenzung der Stromanstiegsgeschwindigkeit erfolgt dadurch, daß durch die Änderungsgeschwindigkeit des Generatorflusses eine dieser Änderung entgegengerichtete Erregung der Verstärkermaschine entsteht. Der dynamische Höchstwert der Erregerspannung der Verstärkermaschine ist gleichfalls festgelegt, und zwar gleichfalls durch eine bis zu einer bestimmten Spannung gesperrte Gleichrichterbrücke. Dadurch ist es möglich, eine elektrische Bremsung einfach durch Unterbrechung der Vergleichsspannung einzuleiten.

Leider erlaubt die Zeit kein weiteres Eingehen auf diese Schaltung. Sie ist wie bei allen Verstärkermaschinen gekennzeichnet durch das Fehlen bewegter Regelorgane, damit aber auch durch eine gewisse Schwierigkeit der Abstimmung der Einzeleinflüsse. Den Vor- und Nachteilen der Trockengleichrichter stehen die Eigenschaften der Wälzsektor-Schnellregler gegenüber. In

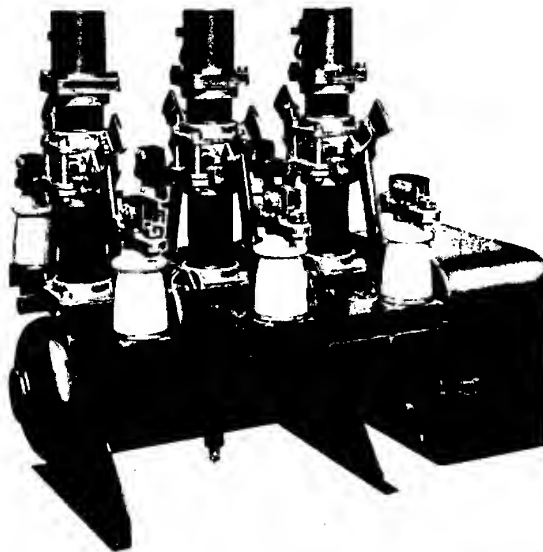


Bild 9 Druckluftumkehrschalter Reihe 10, 400 A Nennstrom

durch Zusatzbezeichnungen, z. B. Wälzsektor-Schnellregler oder elektronischer Schnellregler, Rückschlüsse auf die Eigenzeiten zu ermöglichen.

Herr G. Lesch, Karlsruhe: Ich möchte auf direkte Drehstromantriebe großer Leistung hinweisen, die im Ausland, z. B. Südafrika, für Leistungen bis 3000 kW mit Gleichstrombremsung ausgeführt werden. Diese sind wirtschaftlich interessant, weshalb ich anregte, auch bei uns diese Lösung aufmerksamer zu verfolgen, zumal die Netzleistungen jetzt ohne weiteres die Ausführung erlauben.

Herr W. Zwanzig: Drehstrommaschinen in Südafrika werden häufig angewandt für Leistungen von 100 bis 3000 kW, aber auch in Deutschland stehen sehr viel Drehstrommaschinen über 100 kW in Betrieb. Prozentual dürfte die Drehstrommaschine in Deutschland und Südafrika im gleichen Verhältnis stehen. Die Leistungen sind allerdings in Südafrika größer. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, daß in Südafrika bei verhältnismäßig hohen Nutzlasten und kleinen, vor allen Dingen gleichbleibenden Geschwindigkeiten gefahren wird. In Deutschland bevorzugt man für Material- und Produktförderung hohe und für Seilfahrt geringe Geschwindigkeiten. Letzteres ist bekanntlich für Drehstrommaschinen sehr ungünstig.

Herr Nüßlin: Drehstromfördermaschinen sind in Südafrika verbreiteter als bei uns infolge größerer Teufen. Infolgedessen treten weniger Verluste durch Beschleunigen und Bremsen auf. Daher sind sie bei Wirtschaftlichkeitsvergleichen günstiger.

Herr Arolt: Dem Drehstromantrieb wird seitens der herstellenden Industrie bisher wenig Aufmerksamkeit gewidmet. Projektierende Firmen äußern sich zur Zeit weder zur Frage der Bremsung mit Gleichstrom noch mit Wechselstrom niedriger Frequenz. Angesichts der Einfachheit und auch der relativ niedrigen Kosten des Drehstromantriebes erscheint es dringend erforderlich, daß an dieser Aufgabe auch in Deutschland gearbeitet wird.

Vortragender: Bei Anfragen auf Fördermaschinen der für Drehstrom in Frage kommenden Leistungen sind Vergleiche der Wirtschaftlichkeit zwischen Gleichstrom und Drehstrom durchaus üblich. Es ist anzunehmen, daß die von den Diskussionsrednern bereits

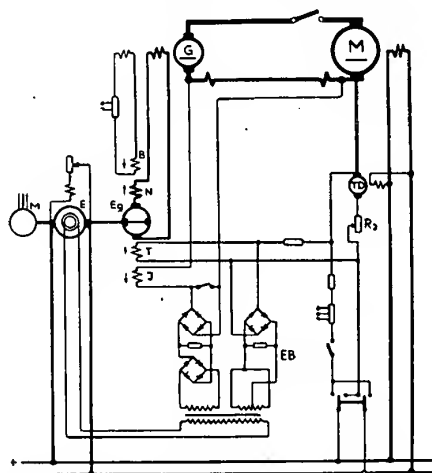


Bild 8 Leonard-Fördermaschine. Prinzipschaltplan

der Praxis stehen jedoch nicht nur die reinen Prinzipien einander gegenüber, sondern die Gesamtheit aller in einer Schaltung verwirklichten Gedanken, so daß auch in der Praxis eine objektiv vergleichende Beurteilung der Grundgedanken allein kaum möglich ist.

Aussprache

Herr J. Förster, Berlin: Die Bezeichnung „Schnellregler“ für die angeführten Regler dürfte nicht mehr zeitgemäß sein, weil z. B. die elektronischen Regler in ihrer Eigenzeit um ein bis zwei Größenordnungen günstiger liegen.

Vortragender: Die Bezeichnung „Schnellregler“ kennzeichnet nicht eine quantitative, sondern eine qualitative Eigenschaft eines Reglers, nämlich die Möglichkeit, z. B. bei Wahl einer vorübergehenden Statik, durch die Reglerkonstanten die Dämpfung eines Regelvorganges maßgeblich zu beeinflussen. Es bleibt unbenommen,

angegebenen Gründe (größere Teufen, kleinere Geschwindigkeiten) dem Drehstromantrieb z. B. in Südafrika günstiger sind als bei uns. Die Einbeziehung der Möglichkeiten der Gleichstrombremsung in diese Vergleiche ist eine dankenswerte Aufgabe.

Es ist in diesem Zusammenhang von Interesse, daß durch die Entwicklung eines neuen Druckluft-Umkehrschalters für Drehstrommotoren, der in Hannover gezeigt wurde, ein Beitrag für die Vereinfachung der Schalteinrichtungen von Drehstrom-Fördermaschinenantrieben geleistet wurde. Der Schalter ist bei 6 kV Betriebsspannung für einen Nennstrom von 400 A bemessen und

ist mit einer Schalthäufigkeit bis zu 300/h bereits seit 2 Jahren in störungsfreiem Betriebe. Wie aus Bild 9 zu ersehen ist, werden beim Einschalten durch Druckluft unmittelbar die Trennmesser eingelegt, beim Ausschalten erfolgt die Leistungsabschaltung in den mittleren Druckluftschalterkammern unter anschließender Öffnung der Trennmesser in stromlosem Zustand. Durch eine mechanisch-pneumatische Verriegelung ist ein störungsfreier Ablauf der Vorgänge Abschalten — Trennen — Einschalten sichergestellt. Die Schaltzeiten betragen für das Einschalten 35 msec, die Leistungsabschaltung 40 msec, das Umschalten 150 msec.

Elektromagnetische Schwingantriebe

Von H. Jordan

Elektromagnetische Schwingantriebe haben sich in Amerika schon seit Jahrzehnten eingebürgert und bewährt, besonders in der Verfahrenstechnik. Wahrscheinlich wäre das auch in Deutschland in größerem Stil erfolgt, wenn nicht die Kriegereignisse diese Entwicklung aufgehalten hätten. Als Vorläufer der Schwingantriebe kann man die bekannten Zwanglauf- und Wuchtmassenantriebe bezeichnen, die sich bis zum heutigen Tage, namentlich im Bergbau und in der Aufbereitung, behauptet haben.

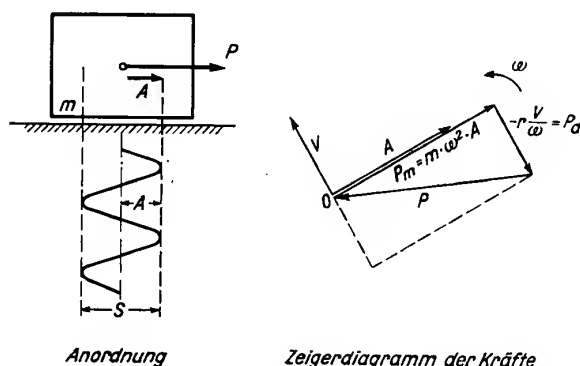


Bild 1 a) Anordnung; b) Zeigerdiagramm der Kräfte

Bei der Einführung von elektromagnetischen Schwingantrieben muß zunächst einmal festgestellt werden, wo ein Schwingantrieb überhaupt am Platz ist. Es handelt sich also nicht einfach um den Ersatz der Unwuchterreger und Zwanglaufmechanismen durch einen Elektromagneten. Zur Beurteilung der technischen Eignung solcher Anordnungen müssen ihre physikalischen Eigenschaften bekannt sein. Bei allen Schwingantrieben handelt es sich um die hin- und hergehende Bewegung von irgendwelchen Massen, die ihrerseits auf ein Förder- oder Füllgut übertragen werden soll. Das Gewicht des in Bewegung zu versetzenden Gutes spielt dabei gegenüber dem des Schwinggeräts praktisch stets nur eine untergeordnete Rolle, so daß man sich in erster Näherung auf die Betrachtung der Bewegung des Gerätes selbst, z. B. eines Förderrohrs oder eines Siebes, beschränken kann.

Soll ein Körper von der Masse m eine harmonische Schwingung mit der Kreisfrequenz ω und der Amplitude A ausführen, so muß vom Erreger eine Massenkraft von der Amplitude:

$$P_m = m \cdot \omega^2 \cdot A \quad (1)$$

bereitgestellt werden. Außerdem muß die Erregerkraft eine Komponente P_d zur Deckung der unvermeidlichen Energieverluste besitzen. Diese Komponente ist im Fall mechanischer Schwingungen im allgemeinen einer Potenz des Ausschlags proportional (Werkstoffdämpfung) und in Gegenphase zur Geschwindigkeit. Im einfachsten Fall

wächst die Amplitude der Dämpfungskraft direkt proportional mit der Ausschlagsamplitude A . Es ist dann

$$P_d = r \cdot A \quad (2)$$

Die Amplituden- und Phasenbeziehungen lassen sich wie in der Elektrotechnik durch Vektoren veranschaulichen. In dem in Bild 1 dargestellten Vektordiagramm der Kräfte erkennt man, daß mit wachsender Frequenz der Einfluß der Dämpfungskraft immer mehr zurücktritt — das Verhältnis beider Kraftamplituden ist

$$\frac{P_d}{P_m} = \frac{r}{m \cdot \omega^2} \quad (3)$$

— und daß die ganze Erregerkraft dann fast ausschließlich zur Massenbeschleunigung aufgebracht werden muß. Bei kleinen Frequenzen überwiegt dagegen die Dämpfungskraft. Wenn dieser Fall eintritt, ist ein Zwanglaufantrieb das gegebene. Das folgende Zahlenbeispiel möge das Anwachsen der Massenkraft mit der Frequenz veranschaulichen: Soll ein Körper von 100 kg Gewicht eine harmonische Schwingung von der Schwingbreite $S = 1$ mm (doppelte Amplitude) mit einer Frequenz von 5 Hz ausführen, so ist dazu eine Massenkraft von nur 5 kg erforderlich, bei 50 Hz jedoch eine Massenkraft von bereits 500 kg. Da die Reibungs- und Dämpfungskräfte bekanntlich nur Bruchteile des Gewichts ausmachen, leuchtet die Richtigkeit der obigen Aussagen ohne weiteres ein.

Will man nun ein Nutzgerät in harmonische Schwingungen versetzen, so könnte man daran denken, das mit zwei wechselstromgespeisten Elektromagneten zu erreichen, die abwechselnd auf die Nutzmasse einwirken (Bild 2 a). Man braucht dazu zwei Magnete, weil der Magnet jeweils nur eine Zugkraft ausüben kann. Diese Zugkraft würde bei einer solchen Anordnung natürlich in voller Größe auf das Fundament übertragen werden, da die Magnete mit dem Boden verbunden werden müßten (Körperschallerregung). Da der Luftspalt zwischen Joch und Anker aus elektrotechnischen Gründen möglichst klein gehalten werden muß, wäre in jedem Fall das Nutzgerät zwischen die Magnete einzupassen. Man kann diese Schwierigkeiten umgehen, wenn man den Elektromagneten über Federn mit dem Nutzgerät koppelt, wie in Bild 2 b gezeigt wird. Hier ist der Anker A des Elektromagneten E mit der in Schwingungen zu versetzenden Masse, dem Nutzgerät N, starr verbunden und über vorgespannte Druckfedern C mit einer Gegenmasse F, der sogenannten Freimasse gekuppelt. Dadurch entsteht ein schwingungsfähiges Zweimassensystem, das infolge der magnetischen Wechselzugkräfte erzwungene Schwingungen ausführt. Wechselstromgespeiste Magnete erzeugen in Wirklichkeit zeitlich nach einer Sinusquadratkurve verlaufende, von Null bis zu einem Höchstwert auf- und abklingende Zugkräfte. Diese kann man sich bezüglich ihrer Wirkung auf das System durch eine mit der doppelten Netzfrequenz um einen Mittelwert von der Größe der Amplitude schwankende, harmonisch pulsierende Wechselkraft ersetzt denken.

Da beide Massen sich über ihre Teilfedern gegen den raumfesten Schwerpunkt sozusagen abstützen können, werden keine Kräfte auf das Fundament übertragen, und man kann z.B. das ganze System an einen Kran hängen oder rückwirkungsfrei an Stützfeder montieren. Ferner kann man den Luftspalt von vornherein fest einstellen, wenn man den Erreger als selbständige Einheit baut. Bild 2 c zeigt die technische Ausführung eines derartigen elektromagnetischen Schwingungserregers, oder wie man sagt Vibrators. Eine solche Anordnung hat den Vorteil, daß man die elektromagnetische Antriebskraft durch geeignete Wahl der Abstimmung, d.h. des Verhältnisses der Erregerfrequenz f zur Eigenfrequenz f_0 des Systems, klein halten kann. Ohne Verwendung von Federn müßte der Erreger die Massenkraft in voller Höhe aufbringen! Das führt bei Frequenzen von 50 oder sogar 100 H, wie sie sich z.B. bei Anschluß der Magnetspulen an das normale Wechselstromnetz ergeben, zu beträchtlichen Kräften. Dieser Ubelstand wird beim oben erwähnten Zweimassensystem dadurch vermieden, daß man einen Teil der Massenkraft durch Federkräfte ausgleicht. Bei diesem Schwingantrieb ist bei Vernachlässigung der Dämpfung dann nur eine Erregerkraft von der Amplitude

$$P = c \cdot A - P_m = (c - m \omega^2) A \tag{4}$$

erforderlich (c ist die Federzahl der Koppelfedern). Bild 3 a zeigt die Abhängigkeit der auf die Massenkraftamplitude P_m bezogenen Erregerkraftamplitude P von der Abstimmung f/f_0 , wobei unter f_0 die Eigenfrequenz des Zweimassensystems verstanden werden soll. Es geht daraus hervor, daß die Erregerkraft bei Resonanzabstimmung auf ein Minimum vermindert werden könnte. Doch wäre dann die Ausschlagsamplitude außerordentlich empfindlich gegenüber den unvermeidlichen Änderungen der Erregerfrequenz und Dämpfung, wie die in Bild 3 b dargestellten Ausschlagsresonanzkurven zeigen.

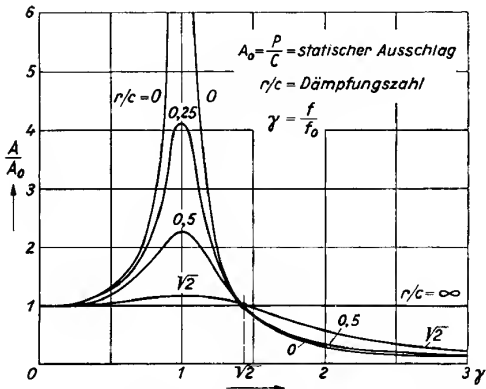
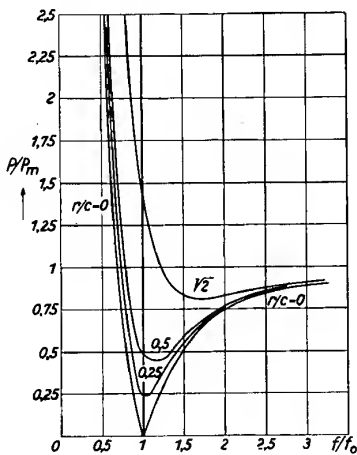


Bild 3 a) Frequenzgang der bezogenen Erregerkraft; b) Frequenzgang der bezogenen Ausschlagsamplitude

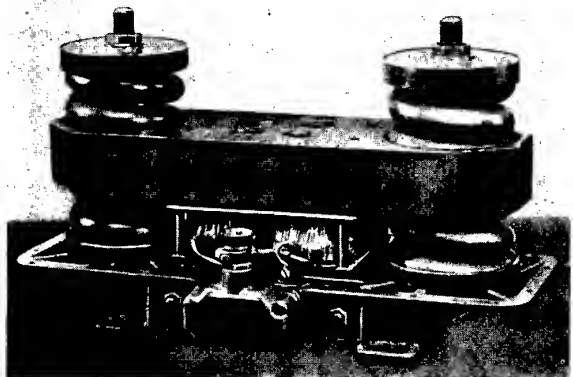
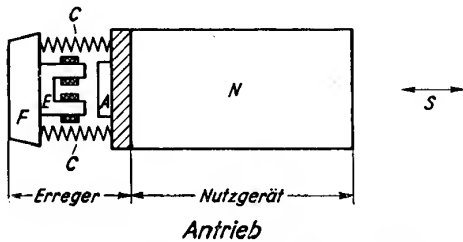
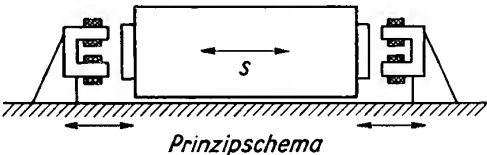


Bild 2 a) Prinzipschema eines elektromagnetischen Antriebs; b) elektromagnetischer Schwingantrieb; c) technische Ausführung des Erregers

Aus diesem Grunde wird man sich in der Praxis mit einer gewissen Annäherung an die Resonanz begnügen müssen, weil sich weder die Dämpfung noch die Antriebsfrequenz völlig konstant halten lassen. Es sei aber ausdrücklich darauf hingewiesen, daß bei einem reinen Resonanzbetrieb, z.B. einem selbststeuernden Schwingensystem, an Energie nichts gespart wird, wenn man von den Verlusten in etwaigen Übertragungsgliedern absieht; denn der Energieverbrauch ist ja durch Ausschlagsamplitude und Frequenz von vornherein festgelegt. Es ist also nicht so, wie man sich vielfach vorstellt, daß bei gegebener Antriebskraft im Resonanzfall ein besonders preiswertes Energieangebot bereitgestellt wird. Der Ausschlag ist vielmehr die technologisch geforderte Größe, und die Antriebskraft ist danach zu bemessen.

Es scheint auf den ersten Blick gleichgültig zu sein, ob man mit der Erregerfrequenz f oberhalb oder unterhalb der Eigenfrequenz f_0 liegt, oder, wie man sagt, eine unterschnelle oder überschnelle Abstimmung wählt. Die überschnelle Abstimmung hat gewisse technische Vorzüge. Man kann sich nämlich leicht klarmachen, daß bei überschneider Abstimmung, wenn also die Eigenfrequenz f_0 größer als die Erregerfrequenz f ist, der Höchstwert des magnetischen Kraftflusses mit dem Kleinstwert des Luftspalts zusammentrifft, wodurch der Blindstromverbrauch gegenüber einer unterschneilen Anordnung, bei der das Umgekehrte zutrifft, erheblich verringert wird.

Ein weiterer Grund für die Wahl einer überschneilen Abstimmung liegt im Verhalten des Systems für den Fall des Anschlagens der Magnetteile, das z.B. beim Einschalten im Augenblick des Nulldurchgangs der Spannung eintreten kann; denn bekanntlich wächst der Kraftfluß bei solchen Einschaltvorgängen bis nahezu zum doppelten Wert des Normalen, wodurch sich wesentlich höhere

Erregerkräfte und damit Ausschläge ergeben. In einem solchen Fall wirkt auf die beiden Massen eine durch das Zusammenschlagen der Magneteile hervorgerufene mechanische Zusatzkraft, die die Ausschläge bei überschneller Abstimmung zu vermindern sucht und so die Anschlaggefahr verringert. Ein weiteres Anschlagen wird dann eben durch diese Zusatzkraft in der Folge unterbunden. Bei unterschneider Abstimmung bewirkt dagegen die

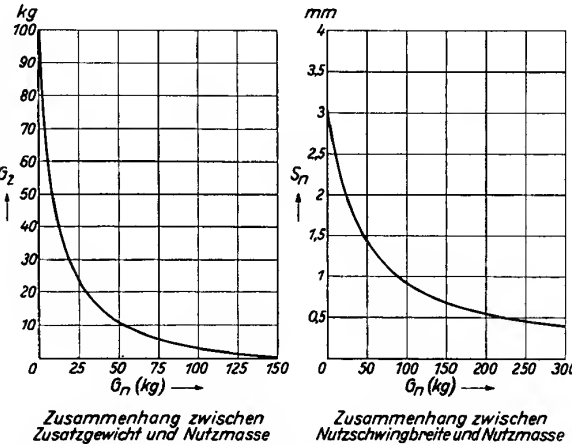


Bild 4 a) Zusammenhang zwischen Zusatzgewicht und Nutzmasse;
b) Zusammenhang zwischen Nutzwingsbreite und Nutzmasse (Belastungskennlinie)

gleiche Zusatzkraft eine Vergrößerung der Ausschläge beider Massen, und es kommt zu einem Daueranschlag, der zur Beschädigung der Anordnung führen kann.

Man kann sich den verschiedenen in Schwingungen zu versetzenden Nutzgewichten G_n einfach durch Zu- und Ablegen von Zusatzgewichten G_z auf der Freimassenseite des Erregers anpassen. Die Eigenfrequenz f_0 des Zweimassensystems hängt nämlich von der Federzahl der Koppelfeder C (kg/cm) und den Gewichten der Arbeits- und Freiseite in der durch die nachstehende Gleichung gegebenen Weise ab:

$$f_0 \approx 5 \sqrt{\frac{C}{G_r}} \text{ [Hz]}, \tag{5}$$

wobei unter G_r das resultierende Gewicht:

$$G_r = \frac{G_a \cdot G_f}{G_a + G_f} = \frac{G_f}{1 + G_f/G_a} \text{ [kg]} \tag{6}$$

zu verstehen ist. G_a ist dabei gleich der Summe der Gewichte von Nutzmasse G_n und Arbeitsseite des Erregers G_{av} und G_f gleich der Summe der Gewichte der Freimassenteils des Erregers G_{fv} und dem Zusatzgewicht G_z . Mit Rücksicht

auf die Ausnutzung wird man bestrebt sein, die Amplitude A_g der Relativbewegung von Nutz- und Freimasse bei jedem Nutzgewicht G_n so groß wie möglich zu machen, also nahezu gleich dem Luftspalt. Damit die Abstimmung und damit die Schwingbreite S_g der Relativbewegung konstant bleibt, muß das Gewicht der Freiseite durch Zu- und Ablegen von Zusatzgewichten derart verändert werden, daß stets die in Bild 4 a dargestellte Bedingung

$$G_z = \frac{(G_{av} + G_n)(G_r - G_{fv}) + G_r G_{fv}}{G_{av} + G_n - G_r} \text{ [kg]} \tag{7}$$

erfüllt ist. Die Schwingbreite S_n der Nutzmasse ist aber nur ein Teil der Gesamtschwingbreite S_g . Sie ergibt sich nach dem Schwerpunktsatz zu:

$$S_n = S_g \cdot \frac{G_f}{G_{av} + G_n} \text{ [mm]}, \tag{8}$$

woraus hervorgeht, daß derartige elektromagnetische Schwingantriebe eine Art Hauptschlußverhalten zeigen, die Schwingbreite wächst mit fallender Belastung (Bild 4 b). Ist bei einem überschnell abgestimmten System aus irgendeinem Grunde die Belastung G_n (bzw. G_a) zu klein, so vermindert sich G_r . Damit steigt die Eigenfrequenz f_0 und man entfernt sich von der Resonanz. Man merkt das sofort an der zu kleinen Nutzwingsbreite. Außerdem geht der Stromverbrauch in die Höhe. Es kann aber mechanisch nichts weiter passieren. Bei unterschneider Abstimmung dagegen würde man sich in einem solchen Fall der Resonanz nähern (Anschlaggefahr).

Jede Erregertypen kann natürlich nur ein ganz bestimmtes maximales Nutzgewicht in Schwingungen versetzen, das durch die Wahl der Abstimmung und die Gewichte G_{av} und G_{fv} der Arbeits- und Freiseite des Erregers festgelegt ist. Bei größeren Nutzgewichten muß man auf eine größere Typenleistung übergehen oder mehrere Erreger verwenden. Man kann aber auch durch Ankopplung eines passend abgestimmten Federmassensystems dem Erreger eine kleinere Nutzmasse vortäuschen. Denkt man sich die Nutzmasse auf der dem Erreger gegenüberliegenden Seite über eine Feder C^* an eine starre Wand gekoppelt, so ist die Entlastung ohne weiteres einleuchtend. Man kann sich nämlich den Teil der Nutzmasse abgespalten denken, der zusammen mit der Zusatzfeder von der Federzahl C^* gerade eine Eigenfrequenz f_0 gleich der Erregerfrequenz f ergibt (Bild 5 a). In diesem Fall würden natürlich Schwingkräfte aufs Fundament übertragen. Denkt man sich dagegen ein Federmassensystem mit der Nutzmasse gekoppelt, wie in Bild 5 b, so spaltet sich ein Massenbetrag Δm ab, der dadurch festgelegt ist, daß die Eigenfrequenz des in Bild 5 b dargestellten Zweimassensystems gleich der Erregerfrequenz f ist:

$$C^* = \frac{\Delta m \cdot m^2}{\Delta m + m^2} \cdot (2\pi f)^2. \tag{9}$$

Eine derartige Anordnung entspricht genau der Kompensation elektrischer Blindleistung durch Kondensatoren, ist aber durch die Mittel der mechanischen Schwingungstechnik viel billiger zu erreichen.

Die Vorzüge abgestimmter elektromagnetischer Erreger bestehen neben dem verschleißlosen und nahezu geräuschlosen Arbeiten und dem außerordentlichen geringen Wirkleistungsbedarf (in der Größenordnung von einigen hundert Watt) in der leichten Regelbarkeit der Schwingbreite während des Betriebes mit Hilfe von Widerstands- und Induktionsreglern.

Da bei jeder Spannungshalbwelle ein Maximum der elektromagnetischen Zugkraft auftritt, ist die Erregerfrequenz gleich der doppelten Netzfrequenz, also bei Anschluß an das normale Wechselstromnetz 100 Hz. Durch Vorschalten eines Einweggleichrichters läßt sich jede zweite Halbwelle unwirksam machen, wodurch die Erregerfrequenz auf die Netzfrequenz reduziert wird. Man kann mit diesen Erregern dann nur Schwingungen von

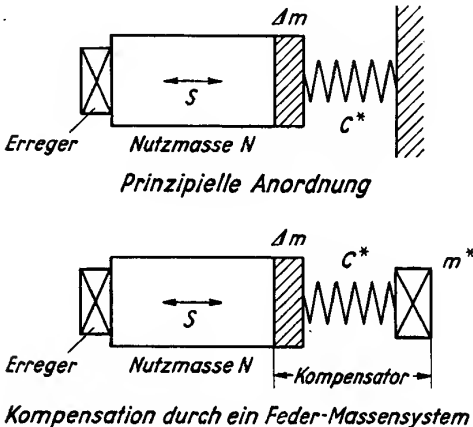


Bild 5 Kompensation der Nutzmasse: a) prinzipielle Anordnung;
b) Kompensation durch ein Feder-Massensystem

50 oder 100 Hz erzielen, wenn man nicht einen besonderen Frequenzumformer vorsehen will. Aber auch in diesem Fall ist man an eine feste Erregerfrequenz gebunden und muß sich darüber klar sein, daß sich Änderungen der Erregerfrequenz entsprechend stark in der Schwingbreite bemerkbar machen, wenn man vom Vorzug des Schwingantriebs — der Einsparung von Antriebskraft — Gebrauch machen will. Dafür bieten aber elektromagnetische Schwingungserreger im Gegensatz zu umlaufenden Wuchtmassen die Möglichkeit eines gruppenweisen synchronen Zusammenarbeitens, wie es z. B. bei Bunker- und Ringformantrieben erwünscht ist (Bild 6 a). So kann man z. B. drei um 120° räumlich versetzte Erreger an die drei Phasen eines Drehstromnetzes anschließen und damit das Auftreten von räumlich ruhenden Schwingungsknotenlinien eines Bunkers oder einer Ringform unterbinden. Es bilden sich dann umlaufende Biegeverformungswellen aus, ähnlich wie die Drehfelder in einer Drehstrommaschine. All diese Überlegungen sind unabhängig davon, ob es sich um Längs- oder Drehschwinger handelt.

Die Verwendung von Vibratoren zum Antrieb von Rüttelformen und Rütteltischen oder Rüttelbohlen in der Bauindustrie ist schon längere Zeit bekannt. In der chemischen Industrie kommen neben der Bunkerrüttlung vorwiegend Antriebe für Förder- und Dosierinnen und Siebe in Frage. Solche Förderrinnen werden entweder als geschlossene Rohre oder als offene Rinnen mit trogförmigem Querschnitt ausgebildet. Sie können z. Z. bis zu Längen von etwa 3 m freischwebend an der Decke aufgehängt oder aus Einzelschüssen an einem Leitträger montiert werden (Bild 6 b, c). Längere Förderstrecken lassen sich aus solchen Einzelschüssen aufbauen. Der Vibrator wird hierbei unter einem Anstellwinkel von 25° gegen die Horizontale über einen Kasten an die Rinne angeschlossen. Das Rinnenprofil macht dann Wechselbewegungen in schräg aufwärts zeigender Richtung und das Füllgut wird vom Rinnenboden in Form von schnell aufeinanderfolgenden Wurfparabeln weiterbewegt. Bei einer Antriebsfrequenz von 50 Hz sind die einzelnen Wurfbewegungen natürlich nicht mehr erkennbar. Es wird vielmehr der Eindruck eines stetigen Fließens des Fördergutes hervorgerufen.

Eine Auf- und Abwärtsförderung ist ebenfalls möglich, allerdings geht bei Aufwärtsförderung bis zu 15° Steigung die Förderleistung etwa auf die Hälfte zurück.

Der Einfluß des Fördergutes auf die Schwingbreite macht sich praktisch nicht bemerkbar. Es läßt sich theoretisch nachweisen, daß ein auf einer schwingenden Unterlage tanzender Körper nur mit einem Bruchteil seines Eigengewichts auf die Unterlage zurückwirkt.

Es sei erwähnt, daß die Auslegung von Schwingantrieben mit einigen Schwierigkeiten verknüpft ist, die man nicht von vornherein ohne weiteres übersehen kann. Schwingnutzgeräte von größeren Dimensionen, also z. B. lange Förderrinnen oder Balkenformen zur Herstellung von Betonelementen sind bei den üblichen Erregerfrequenzen von 50 oder 100 Hz nicht mehr als starre Körper aufzufassen. Sie sind dynamisch weich, d. h. die Erregerfrequenz liegt weit oberhalb von ihren niedrigsten Eigenfrequenzen. Bei Kopplung mehrerer biegeschwingungsfähiger Gebilde hat man es mit Biegekettenteilern zu tun, also mit einer Kopplung von Achtpolen. An jeder Verbindungsstelle sind im Gegensatz zu den Leitungen der Elektrotechnik 4 Übergangsbedingungen zu erfüllen (z. B. Gleichheit der Querkräfte, Biegemomente, Neigungen und Ausschläge). Diese Randbedingungen sind außerdem unsauber; denn die Unterstützungs- und Einspannstellen sind ja keine Fixpunkte im Raum. Es wird vielmehr Körperschall abgestrahlt, und die Rückwirkung des Bodens kann sich sowohl als Feder wie als Masse bemerkbar machen. Doch das sind nur rechnerische Schwierigkeiten. Viel unangenehmer sind die Pannen, die beim Parallelbetrieb von mehreren Erregern eintreten können — man denke an den Parallelbetrieb von Synchronmaschinen.

Diese Erreger besitzen nämlich eine Art Anfachung. Es liegen also angefachte Koppelschwinger vor. So bildet z. B. das freischwebende Förderrohr mit dem Doppelantrieb nach Bild 6 b, selbst wenn man es in erster Näherung als starren Körper betrachtet, zusammen mit den Freimassen der Erreger ein Dreimassensystem mit zwei Eigenformen und zwei Eigenfrequenzen. In der einen Eigenform schwingen die Freimassen gleichphasig derart, daß der Schwerpunktsatz erfüllt ist, da keine äußeren

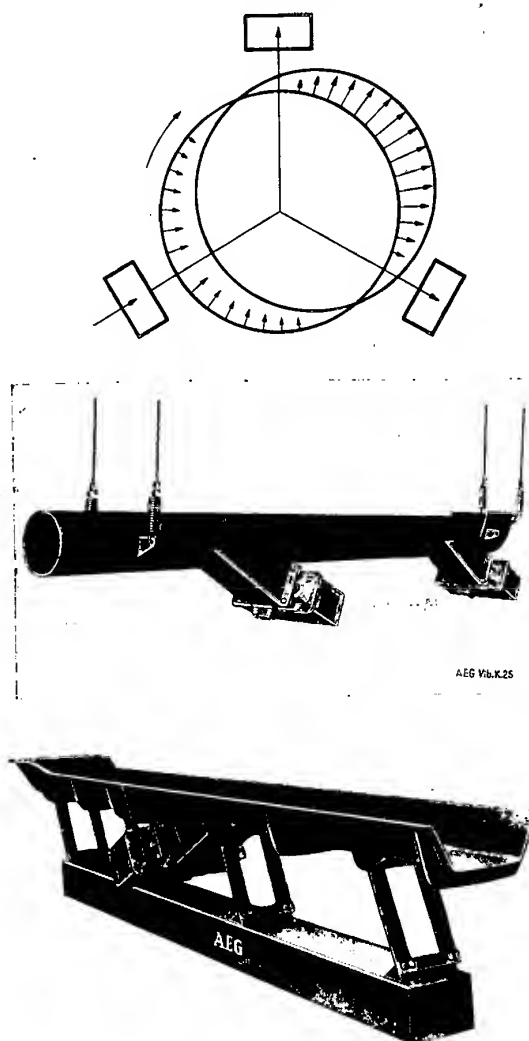


Bild 6 Technische Ausführungsformen von Schwingantrieben:
a) Schema eines Bunkerantriebs; b) freischwebende Förderrinne mit Doppelantrieb; c) lenkgeführte Förderrinne mit Leitträger

Kräfte vorhanden sind. In der zweiten Eigenform schwingen sie gegenphasig, und das Rohr muß zur Erfüllung des Drallsatzes eine Nickschwingung ausführen, die zur Bildung einer raumfesten Knotenlinie führen kann. An dieser Stelle würde eine Stauung des Fördergutes auftreten. Unglücklicherweise muß man aber mit Rücksicht auf die Ausnutzung der Erreger die Eigenfrequenz des Systems Druckfedern—Freimasse nahezu gleich der Antriebsfrequenz wählen. Man liegt also dicht bei der Eigenfrequenz der gegenphasigen Schwingungsform des Systems. Auch diese Schwierigkeit hat man durch passende Wahl der Angriffspunkte der Erregerkräfte und des Anstellwinkels der Schwingungserreger gegenüber dem Rohr inzwischen überwunden.

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß die in Patentanmeldungen immer wieder auftauchenden selbststeuernden Erreger, die mechanische Schwingungen durch Anschluß an eine an sich unperiodische Energiequelle

aufrechterhalten, für industrielle Schwingantriebe auscheiden, weil ihre Schwingbreite durch die Dämpfung bestimmt ist. Sie kommen nur da in Frage, wo eine völlig konstante Belastung gesichert ist oder wo die Schwingbreitenänderung keine Rolle spielt, aber nicht dort, wo merkliche Kräfte auf ein Förder- oder Rüttelgut übertragen werden sollen. Dämpfungsunabhängige Schwingbreiten lassen sich nur bei Verwendung erzwungener Schwingungen erzielen.

Aussprache

Herr E. Rodewald, Berlin: Wieweit sind Schwingantriebe von der Reibung abhängig und welche Steigung ist möglich?

Vortragender: Der Einfluß der inneren Reibung des Fördergutes und seiner Reibung an den Wänden der Rinne ist sehr gering; im übrigen müssen bei richtig ausgelegten Schwingantrieben die Reibungs- und

Dämpfungskräfte stets klein gegenüber den Feder- und Massenkräften sein.

Eine Aufwärtsförderung mit wirtschaftlichen Förderleistungen ist bis zu 15° möglich. Die Beschaffenheit des Förderguts spielt dabei eine Rolle.

Herr P. Jungk, Braunschweig: Das Verhältnis des Gewichtes von Fördergut zum Gesamtgewicht der Rinne und Schwinger müßte nach den gezeigten Kurven in preislicher Hinsicht recht ungünstig sein. Wie sieht es praktisch damit aus?

Vortragender: Das Gewichtsverhältnis von Fördergut zum Gesamtgewicht der Rinne einschließlich des Schwingers hängt vom Schüttgewicht des Fördergutes und von der Konstruktion der Rinne ab. Bei lenkergeführten Rinnen ist dieses Verhältnis z.B. für Sand meist größer als 2. Für freischwebende Rinnen liegt es bei den zur Zeit üblichen Schwingbeschleunigungen in der Größenordnung von 0,7...0,9.

Vorschaltgeräte für Niederspannungs-Leuchtstofflampen

Von C. H. Sturm

Wegen plötzlicher Erkrankung des Vortragenden mußte dieser Fachbericht auf der Jahresversammlung ausfallen. Er wurde aber auf vielfachen Wunsch trotzdem mit in den Fachberichtsband aufgenommen.

Es ist erforderlich, diesem Bericht über Vorschaltgeräte einige Worte über die Leuchtstofflampe selbst voranzustellen. Die Gesamtübersicht der Leuchtstoffröhren und -lampen (Tafel 1) läßt erkennen, in welcher Weise die hier zu besprechende Niederspannungs-Leuchtstofflampe und die dazu notwendigen Geräte sich in die Gruppe der Glühlektrodenlampen einordnen.

Die Lampe besteht aus einem an beiden Enden zugeschmolzenen Glasrohr, in dem Elektroden für die Zuleitung des Stromes angebracht sind. Bei kalten Elektroden ist als Folge des hohen Kathodenfalles eine höhere Betriebsspannung als 220 V notwendig. Durch Vorheizung und Aktivierung der Elektroden ist es gelungen, die Brennspannung von Leuchtstofflampen selbst in Rohrlängen von über einem Meter so weit zu er-

niedrigen, daß diese Lampen an normalen Netzspannungen ohne Transformierung arbeiten.

Unter vereinfachenden Annahmen kann die Entstehung des Lichtes folgendermaßen erklärt werden: Aus den Elektroden der Lampe treten infolge der elektrischen Spannung Elektronen aus, die zur Gegenelektrode fliegen. Einige dieser Elektronen stoßen mit solchen zusammen, die die Atomkerne des Quecksilberdampfes umkreisen. Durch den Zusammenstoß wird das kreisende Elektron aus seiner Bahn verdrängt. Nach dieser Störung federt es unter Abgabe der aufgewendeten Stoßenergie als elektromagnetische Strahlung wieder in seine Umlaufbahn zurück (Bild 1). Die Frequenz der Schwingung, mit der das ausgestoßene Elektron zurückfedert, ergibt bei Quecksilberdampf mit geringem Druck (etwa 10⁻⁵ kg/cm²) unter Berücksichtigung der Lichtgeschwindigkeit vorwiegend eine Wellenlänge von 253,7 nm (1 nm = 10⁻⁹ m = 10⁻⁶ mm). Neben dieser „Resonanzlinie“ im ultravioletten Bereich sind noch einige

Tafel 1 Gesamtübersicht der Leuchtstoffröhren, -lampen mit Zubehör

Gruppe	Kaltelektrodenröhren (Neon- und Leuchtstoffröhren)		Glühlektrodenlampen		
Untergruppe Spannungsstufen	Hochspannung über 1000 V (bis 6000 V)	Mittelspannung 250 ... 1000 V	Niederspannungs-Leuchtstofflampe 100 ... 250 V		Mittelspannung 250 ... 1000 V Stimline Langstabilampe
Elektroden	Eisenzylinder blank		Normallampe	Instantstart-Lampe Schnellzündlampe	
Anschlüsse	Ipolig		Glühwendel mit Emissionsbelag	Glühwendel mit beson- ders widerstandsfähig- em Emissionsbelag. Kaltstart möglich	Glühwendel mit Emissionsbelag
Vorschaltgeräte	Streutransformatoren oder Transformator und Drosselspule in Reihenschaltung		2 Stifte zur Vorheizung	2 Stifte überbrückt oder 1 Stift	1 Stift
Startvorgang	ohne Starter, mit Leerlaufspannung		Drosselspule, evtl. mit Starter	Streutransformator	Streutransformator
Baulängen	Freie Maße		mit Starter		ohne Starter
Stromstärken	Reklame: 25 ... 350 mA Beleuchtig.: 100, 200 mA	Einheitsmaße 100 u. 250 cm 35 ... 120 mA	Einheitsmaße 15 ... 150 cm Länge 1,6 ... 5,4 cm Rohrdurchmesser		Einheitsmaße 107 ... 244 cm Länge
Leistungen	7 ... 40 W/m		0,13 ... 1,5 A		0,12 ... 0,34 A
Leerlaufspannung am Vorschaltgerät	1,5 ... 2,5fache Brennspannung	etwa 1,5fache Brennspannung	4 ... 100 W		18 ... 70 W
Brennspannungen	40 ... 60 % der Zündspannung	200 ... 650 V	etwa 2fache Brennspannung	etwa 4fache Brennspannung	2 ... 3,5fache Brennspannung
Lebensdauer	Unabhängig von der Schalthäufigkeit		40 ... 110 V		130 ... 325 V
			Abhängig von der Schalthäufigkeit		

wesentlich schwächere Strahlen im sichtbaren Bereich (400 ... 700 nm) vorhanden, die einen schwachen, bläulichen Lichteindruck vermitteln. Die Ultraviolettstrahlung des Hg-Atoms aktiviert die auf der Innenwandung des Glasrohres aufgebrachte Leuchtstoffschicht, die nun ihrerseits Strahlung im Frequenzbereich des Lichtes erzeugt. Vom Leuchtstoff wird neben der Umformung (Fluoreszenz) gleichzeitig ein Nachleuchten (Phosphoreszenz) zur Überbrückung der stromlosen Pause bei Betrieb von Leuchtstofflampen an Wechselstrom erwartet.

Allen Gasentladungslampen mit kalten oder vorgeheizten Elektroden und mit oder ohne Leuchtstoffen ist die fallende Widerstandscharakteristik gemeinsam, d. h. mit steigendem Strom wird der Widerstand (Spannungsabfall) über der Entladungsstrecke kleiner, so daß sich dadurch der Strom weiterhin erhöht (Bild 2). Dieser Vorgang würde sich bei unmittelbarem Anschluß der Leuchtstofflampe an die Netzspannung lawinenartig bis zur Zerstörung der Lampe fortsetzen. Aus diesem Grund sind sämtliche Gasentladungslampen nur über eine Strombegrenzung zu betreiben. Grundsätzlich könnte diese Strombegrenzung durch einen ohmschen Widerstand, eine Kapazität oder Induktivität gebildet werden.

Der Zündung der Niederspannungs-Leuchtstofflampen geht im Gegensatz zu der der Hochspannungsröhren (kalte Elektroden) die Vorheizung der Elektroden, die

geheizt. Nach kurzer Zeit öffnet der Glimmstarter infolge Abkühlung der Bimetallelektroden den Vorheizkreis; in diesem Augenblick hat das Vorschaltgerät eine Spannungsspitze zur Zündung der Lampe zu liefern. Da die Brennspannung der Leuchtstofflampe kleiner als die Zündspannung des Glimmstarters ist, bleibt der Glimm-

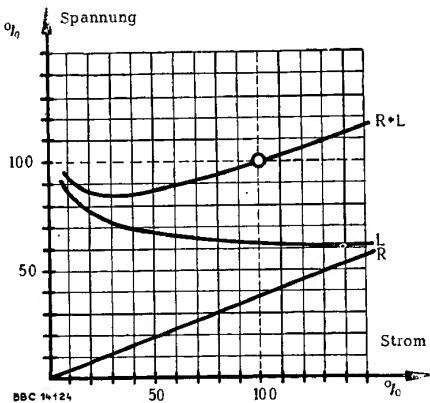


Bild 2 Stromspannungscharakteristik einer Leuchtstofflampe (L), eines Widerstandes (R) und der in Reihe geschalteten beiden Teile (R + L)

starter im Ruhezustand, d. h. in offener Stellung. Sollte die Leuchtstofflampe nicht sofort nach Unterbrechung des Vorheizkreises zünden, so wiederholt sich das Spiel.

Der soeben geschilderte Einschaltvorgang gilt für die Inbetriebnahme ordnungsgemäßer Leuchtstofflampen. Im praktischen Betrieb werden jedoch auch Lampen an Spannung gelegt, die beispielsweise aus Gründen der Überalterung nicht zünden; bei diesen Lampen sind die Heizwendeln der Elektroden zwar noch intakt, sie brennen aber infolge Mangel an emittierten Elektronen nicht mehr. Bei diesen Lampen wiederholt sich der Vorheizzündvorgang laufend, so daß die Lampe ständig flackert. Dabei erwärmt sich durch den hohen Kurzschlußstrom das Gerät und es treten dann noch laufend Zündspannungsspitzen hinzu. Kommt zu diesen hohen Beanspruchungen noch eine Vergrößerung des Kurzschlußstromes infolge Überspannung, wie sie nachts in den Netzen auftritt, so ist das Vorschaltgerät sehr gefährdet. Dieser Zustand, der allerdings nur bei gealterten oder sonst gestörten Leuchtstofflampen auftreten kann, ist als stundenweiser Betriebsfall des Vorschaltgerätes zu betrachten. Aus diesem Grund ist in den VDE-Vorschriften (0712) „Zubehör für Leuchtstofflampen und Leuchtstoffröhren mit Nennspannungen unter 1000 V“ die Forderung nach „Kurzschlußfestigkeit“ der Vorschaltgeräte erhoben worden.

Die Beobachtung der Schadensfälle an Geräten verschiedener Bauarten hat gezeigt, daß die gespeicherte

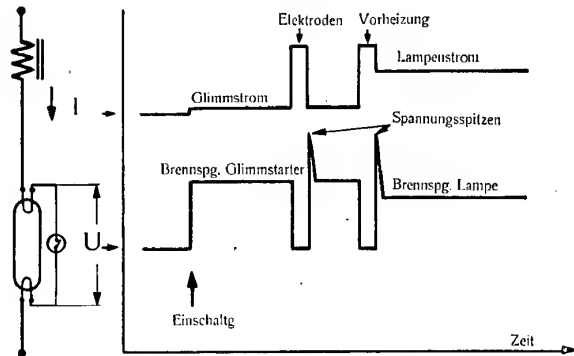


Bild 3 Vorheiz- und Zündvorgang einer Leuchtstofflampe Darstellung der Strom- und Spannungshöhe vom Einschalt Augenblick bis zum Brennen der Lampe (etwa 1 bis 3 Sekunden). (Die Lampe zündet in diesem Beispiel erst nach der zweiten Vorheizung.)

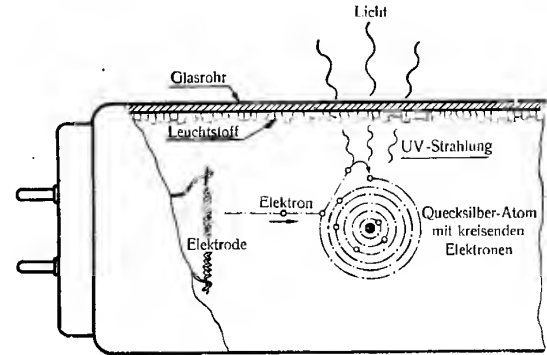


Bild 1 Prinzipbild der Lichterzeugung Das aus der Elektrode emittierte Elektron stößt ein kreisendes Elektron des Quecksilberatoms durch Zusammenprall aus der Bahn. Die Rück-schwingung dieses Elektrons in die Kreisbahn erzeugt kurzwellige (ultraviolette) Strahlung, die dem menschlichen Auge erst nach Um-formung durch den Leuchtstoff sichtbar wird

als kleine Wendeln ausgebildet sind, voraus. Die Vorheizung und das Umschalten auf Zündung und Betrieb der Leuchtstofflampe besorgt ein Starter, der in mannig-fachen Ausführungen im Gebrauch ist. Am häufigsten wird als Starter ein sogenannter Glimmstarter an-gewendet. Eine Elektrode der als Schalter arbeitenden kleinen Glimmlampe ist aus Bimetall hergestellt. Die Gasmischung (Helium—Wasserstoff) und der Gasdruck müssen so abgestimmt sein, daß die Zündspannung der Glimmlampe kleiner als die Netzspannung, aber größer als die Brennspannung der Leuchtstofflampe ist. Die Zündspannung von Startern für die 40-W-Leuchtstoff-lampe liegt bei etwa 160 V. Wird die Leuchte an Span-nung gelegt, so gelangt diese über das Vorschaltgerät, in diesem Fall über die Wicklung einer Drosselspule, an die Elektroden der Leuchtstofflampe (Bild 3). In der Lampe kommt ein Stromdurchgang nicht zustande, da die Elektroden nicht vorgeheizt sind und die Netz-wechselspannung ohne überhöhten Spannungsstoß zur Zündung nicht ausreicht. Parallel zu den Elektroden der Leuchtstofflampe liegen die Elektroden des Glimm-starters. Dieser zündet, und das Glimmlicht erwärmt die Bimetallelektrode so stark, daß sie mit der Gegen-elektrode in Berührung kommt. In diesem Augenblick ist der Glimmstarter kurzgeschlossen, und die Elektroden der Leuchtstofflampe werden in Reihenschaltung mit dem Vorschaltgerät, das praktisch im Kurzschluß arbeitet, vor-

magnetische Energie in einer Drosselspule des Vorschaltgerätes bei den Schaltungen des Starters nicht ausreicht, um bei fehlerhafter Drahtisolation die Wicklung gleich bei den ersten Schaltungen so zu beschädigen, daß der Fehler einwandfrei zutage tritt. In den Vorschriften für die Vorschaltgeräte wurde deshalb eine Modellprüfung — die zweckmäßig als Stichprobenprüfung bei der Ferti-

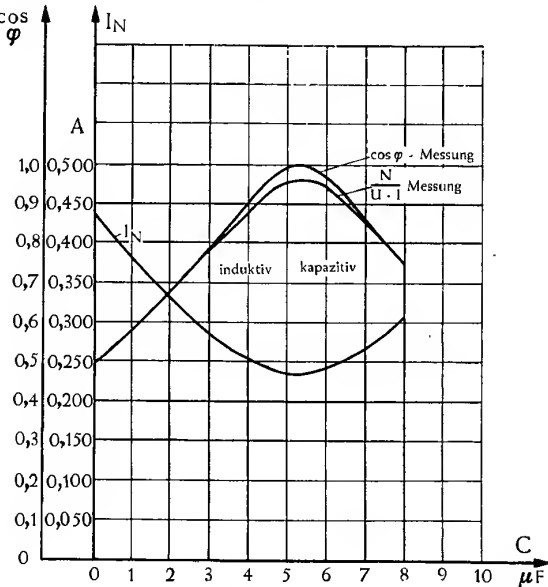


Bild 4 Leistungsfaktormessung an einer 40 W-Leuchtstofflampe mit Drosselspulen-Vorschaltung und verschieden großen netzparallelen Kondensatoren ($C = 0 \dots 8 \mu F$). Messung mit Leistungsfaktorzeiger und mit Leistungs-, Strom- und Spannungsmesser

gung vorgesehen wird — mit erhöhter Gerätetemperatur und laufenden Schaltungen zur Erzeugung induktiver Spannungsspitzen eingeführt.

Zu dieser Forderung, die aus sicherheitstechnischen Gründen erhoben wird, kommen noch die Anschlußbedingungen der Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen (EVU) hinzu. Die Zusammenschaltung einer Leuchtstofflampe mit einem Vorschaltgerät, das einen Streutrans-

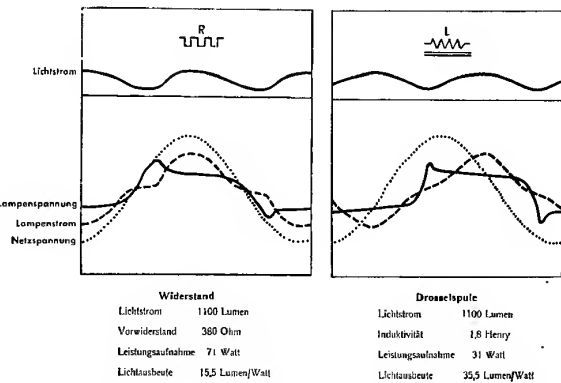


Bild 5 Vergleichsmessungen mit Oszillogramm des Lichtstromes, der Lampenspannung und des Stromverlaufes einer 25 W-Lampe bei Strombegrenzung mittels Widerstand und Drosselspule

formator oder Drosselspule enthält, stellt einen stark induktiven Verbraucher dar. Der Leistungsfaktor beträgt etwa $0,4 \dots 0,6$, so daß die Elektrizitätswerke gegen den Anschluß derartiger Leuchtstofflampen ohne Kompensation der induktiven Blindleistung Einspruch erheben. Von einigen Werken wird allerdings die Ansicht vertreten, daß gerade in den Lichtverteilungsanlagen, und in diesen besonders in den Nachtstunden, ein gewisser Verbrauch induktiver Blindleistung erwünscht ist, um

einen Ausgleich der kapazitiven Last langer Kabelstrecken zu bringen. Die VDEW (Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke) empfiehlt den EVU, die auf volle Kompensation Wert legen müssen, zu fordern, daß die zulässige induktive Blindleistungsaufnahme auf höchstens 15% der Wirkleistungsaufnahme der betreffenden Leuchtstofflampe beschränkt bleibt. Für die Errechnung der notwendigen Kapazität sollen dabei die Nennwerte von Spannung, Lampe, Drosselspule und Kondensator zugrunde gelegt werden.

Es muß an dieser Stelle auf eine Erscheinung hingewiesen werden, die durch den Oberwellengehalt der Strom- und Spannungskurve einer Leuchtstofflampe verursacht wird, und zwar ergeben die Messungen des Leistungsfaktors an Vorschaltgeräten mit Kondensatoren verschiedene Ergebnisse je nach der angewandten Meßmethode bzw. Meßgeräte. Mit dem Leistungsfaktorzeiger kann bei Vollkompensation der Wert $\cos \varphi = 1,0$ erreicht werden, während bei Messung mit einem Leistungsmesser und Strom- sowie Spannungsmesser der Wert $\cos \varphi = 0,9 \dots 0,95$ kaum überschritten wird. Diesem Umstand muß bei Nachprüfung von Leuchtstofflampenanlagen auf hinreichende Kompensation Rechnung getragen werden (Bild 4). Nach Erläuterung dieser vielseitigen Forderungen soll nun über die Vorschaltgeräte selbst berichtet werden.

Wie oben erwähnt, ist es grundsätzlich möglich, die Strombegrenzung auch mit reinen Wirkwiderständen, Glühlampen, Eisenwasserstoffwiderständen usw. durchzuführen. Bei Betrieb von Leuchtstofflampen an Gleichspannung muß zu diesen Mitteln gegriffen werden, aber bei Wechselspannung scheiden diese Strombegrenzer im allgemeinen wegen Unwirtschaftlichkeit aus. Die Lichtausbeute (Lumen/Watt) der Leuchtstofflampen mit Widerstandsvorschaltung geht auf etwa 35% und bei Glühlampenvorschaltung, bei der das Licht der Glühlampe mit ausgenutzt wird, auf 50% derjenigen Lichtausbeute zurück, die mit absolut verlustloser Strombegrenzung zu erreichen ist. Bei Widerstandsvorschaltung sind besondere Mittel zum Starten der Lampen notwendig (z. B. geerdete Zündstreifen, Widerstandsstreifen im Inneren des Entladungsrohres, Startschalter mit zusätzlicher Induktivität zur Erzeugung einer Spannungsspitze usw.). Ferner ist eine vergrößerte Flimmerwirkung der Leuchtstofflampe mit ohmschem Vorwiderstand zu beobachten, die auf das Fehlen der Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung zurückzuführen ist. Die stromlose Pause bei jedem Nulldurchgang der Wechselspannung, also bei einer Netzfrequenz von 50 Hz nach jeder hundertstel Sekunde ist um ein Mehrfaches verlängert, da die Leuchtstofflampe erst wieder zündet, wenn die Netzspannung die Wiederzündspannung übersteigt (Bild 5). Nun ist außerdem die Wiederzündspannung von der Dauer der stromlosen Pause abhängig, so daß diese charakteristische Spannung bei Widerstandsvorschaltung höher ist als bei Vorschaltung einer induktiven Strombegrenzung (Drosselspule).

Die Strombegrenzung einer Leuchtstofflampe durch eine Kapazität zu bewirken, hat bei Netzen mit einer Frequenz von 50 Hz nachteiligen Einfluß auf die Lebensdauer der Lampen. Die Kapazität würde sich periodisch nach Überschreiten der Zündspannung stoßartig über die Leuchtstofflampe entladen; die Lampe flimmert stark und ist für allgemeine Beleuchtungszwecke ungeeignet. Bei Netzen mit Frequenzen über etwa 400 Hz bietet die Anwendung eines Kondensators zur Strombegrenzung Vorteile. Von dieser Möglichkeit wird besonders bei Beleuchtung von Fahrzeugen Gebrauch gemacht. Auch ist eine Tendenz in der Geräteindustrie zu erkennen, die zu Lampenspannungen mit höheren Frequenzen (400 Hz und mehr) führt. Zu diesem Zweck wird an der Entwicklung von preiswerten und betriebssicheren magnetischen Frequenzwandlern zum unmittelbaren Anschluß an die Wechselspannungsnetze (50 Hz) gearbeitet. Die Lichtaus-

beute der Lampen mit Spannungen höherer Frequenz steigt um etwa 20 %, das Lichtflimmern verschwindet auch ohne Kunstschaltung zweier Lampen (Duo-Schaltung), und die Vorschaltgeräte werden wesentlich kleiner. Das Problem besteht darin, die Frequenz der Wechselspannung in einfacher und wirtschaftlicher Weise zu wandeln, so daß sich bei der Gesamtanlage eine Ersparnis ergibt.

Bei Wechselspannungsnetzen normaler Frequenz (42 ... 50 ... 60 Hz) ergibt die günstigste Strombegrenzung eine Drosselspule, die gleichzeitig die zur Zündung der Lampe notwendige Spannungsspitze liefert. Die Lichtausbeute läßt sich bis auf etwa 85 % der theoretischen Lichtausbeute bei verlustlosem Vorschaltgerät bringen. Diese Art der Vorschaltgeräte mit Drosselspulen wird weitaus am meisten angewendet. Es soll daher nachfolgend ausführlicher über die Drosselspule ohne und mit Kondensator als Vorschaltgerät für Niederspannungs-Leuchtstofflampen berichtet werden.

Vom Lampenhersteller wird gefordert, daß die Stromspannungsabhängigkeit der Vorschaltgeräte im Bereich vom etwa 0,2- bis zum 2fachen Nennstrom, z. T. auf eine Genauigkeit von $\pm 3\%$ mit den gegebenen Werten übereinstimmt (Bild 6). Bei einer Drosselspule ohne Kondensator wird von einem unkompensierten Vorschaltgerät gesprochen.

Wie schon erwähnt, fordern die Elektrizitätswerke eine Kompensation der induktiven Blindleistung der

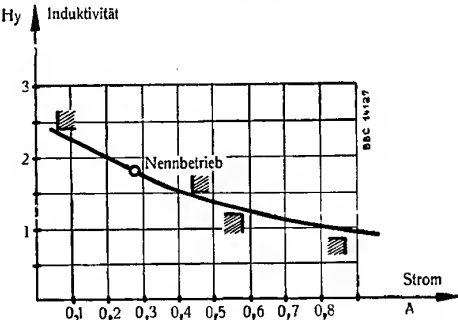


Bild 6 Abhängigkeit der Induktivität einer Drosselspule vom Strom. Die vorgeschriebenen Werte für eine 25 W-Lampe sind durch Marken gekennzeichnet

Drosselspule, so daß ein Kondensator hinzugeschaltet werden muß. Die Kompensation kann nun grundsätzlich auf zwei Arten erfolgen: entweder durch Parallelschaltung eines Kondensators zu den Netzanschlüssen oder durch die Reihenschaltung eines Kondensators mit Drosselspule und Lampe. Bei Parallelschaltung wird der Kondensator nur mit der Netzspannung beansprucht. Die Kapazitätswerte für eine Lampe bewegen sich dabei zwischen 2 und 20 μF je nach Größe der Leuchtstofflampe (Bild 7).

Die Brenndaten und Eigenschaften der Leuchtstofflampe werden durch diesen Parallelkondensator in keiner Weise beeinflusst. Lampengruppen, die gemeinsam geschaltet werden, kompensiert man vorteilhaft durch einen Kondensator größerer Kapazität (Gruppenkompensation).

Bei Reihenschaltung eines Kondensators mit Drosselspule und Leuchtstofflampe treten völlig andere Verhältnisse auf. Damit, von der Leuchtstofflampe aus gesehen, die gleiche Charakteristik der Vorschaltung gesichert ist, müssen Kapazität und Induktivität der Vorschaltung sorgfältig aufeinander abgestimmt sein. Der Kreis kommt in Resonanznähe (Resonanzfrequenz 70 ... 80 Hz), dadurch steigt die Spannung am Kondensator bei Betrieb der Leuchtstofflampe auf etwa 450 V.

Damit der Vorheizstrom bei Kontaktschluß des Starters in der Größe des 1,5- bis 2fachen Nennstromes zustande kommt, ist Vergrößerung der Induktivität zur Verstimmung des Kreises notwendig. Die Induktivität kann durch Einschalten einer getrennten Drosselspule in

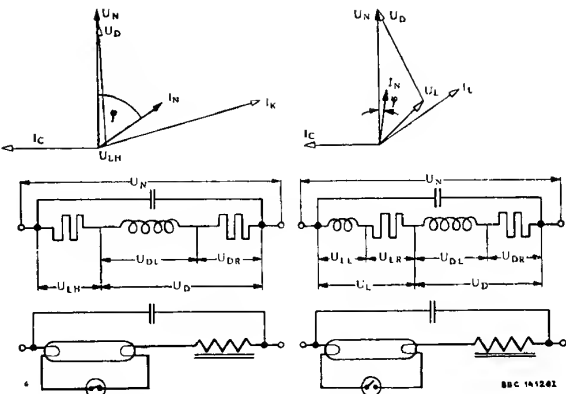


Bild 7 Ersatzschaltung und Vektorenbild eines kompensierten Vorschaltgerätes bei Vorheizung und Nennbetrieb

- U_N = Netzspannung
- U_L = Lampenspannung
- U_{LH} = Spannung über Elektrodenheizung
- U_{LL} = Induktiver Anteil der Lampenspannung
- U_{LR} = Ohmscher Anteil der Lampenspannung
- U_D = Spannung über der Drosselspule
- U_{DL} = Induktiver Anteil der Drosselspannung
- U_{DR} = Ohmscher Anteil der Drosselspannung
- I_N = Strom aus dem Netz
- I_L = Lampenstrom
- I_K = Kurzschlußstrom (Vorheizstrom)
- I_C = Strom im Kondensator

den Vorheizkreis vergrößert werden. Des geringeren Aufwandes wegen wird angestrebt, die Zusatzinduktivität durch eine Startwicklung auf der Hauptdrossel zu bilden. Bei dieser Anordnung ist zu bedenken, daß bei Betrieb der Leuchtstofflampe die Drosselspule transformatorisch in der Startwicklung eine Spannung induziert, die vektoriell zur Brennspannung der Lampe addiert, sich am Starter auswirkt. Bei richtiger Bemessung

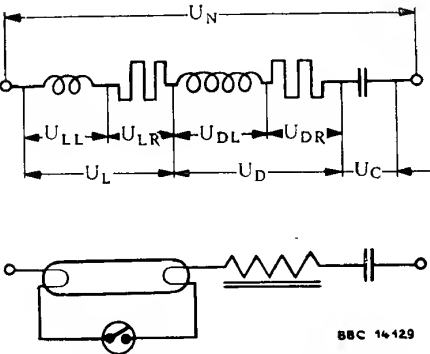
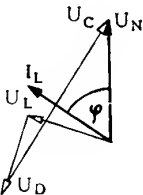


Bild 8 Ersatzschaltung und Vektorenbild eines überkompensierten Vorschaltgerätes bei Nennbetrieb

- U_N = Netzspannung
- U_L = Lampenspannung
- U_{LL} = Induktiver Anteil der Lampenspannung
- U_{LR} = Ohmscher Anteil der Lampenspannung
- U_D = Spannung über der Drosselspule
- U_{DL} = Induktiver Anteil der Drosselspannung
- U_{DR} = Ohmscher Anteil der Drosselspannung
- U_C = Spannung über dem Kondensator
- I_L = Lampenstrom, gleichzeitig Stromaufnahme aus dem Netz

der Wicklung und Kapazität ist zu erreichen, daß auch bei gealterten Leuchtstofflampen, bei denen die Brennspannung ansteigt, noch eine hinreichend große Differenz zwischen der am Glimmstarter liegenden Spannung und dessen Zündspannung vorhanden ist. Wird dieser Umstand nicht beachtet, so tritt besonders bei gealterten

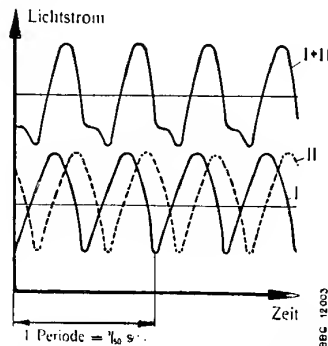


Bild 9 Lichtstromverlauf über der Zeit dargestellt, wobei die zwei Leuchtstofflampen (I u. II) an ein Duo-Vorschaltgerät zur Verkleinerung der Lichtwelligkeit angeschlossen sind

Leuchtstofflampen ein Aufleuchten des Glimmstarters ein, das schließlich zur Kontaktgabe im Starter führt, so daß die Leuchtstofflampe flackert.

Bei der Reihenschaltung eines Kondensators mit einer Drosselspule überwiegt der kapazitive Charakter der Vorschaltung; es entsteht ein überkompensiertes (kapazitives) Vorschaltgerät (Bild 8), bei dem der Leistungsfaktor im kapazitiven Bereich sich bei Werten von 0,4 ... 0,6 bewegt, so daß zur Kompensation der kapazitiven Blindleistung die Parallelschaltung einer Leuchtstofflampe mit unkompensiertem Vorschaltgerät notwendig ist. Diese Einheit, unkompensierte und überkompensierte Vorschaltung, bildet ein Duo-Gerät zum Anschluß von zwei Leuchtstofflampen. Der besondere Vorteil dieser Schaltung liegt nicht nur in der Kompensation der in-

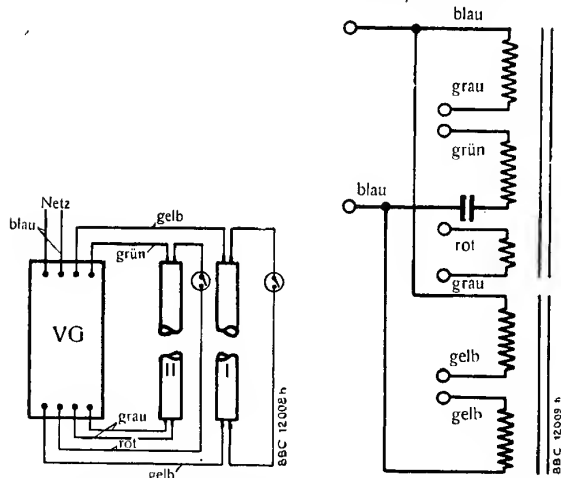


Bild 10 Duo-Vorschaltgeräte
Innenschaltung und Anschlußbild eines Duo-Vorschaltgerätes für den Anschluß von zwei Leuchtstofflampen zur Minderung des stroboskopischen Effektes

duktiven Blindleistung, sondern vor allem in der Verschiebung beider Lichtströme der Lampen gegeneinander um etwa 120 elektrische Winkelgrade. Durch diese Verschiebung werden die stromlosen Pausen der beiden Leuchtstofflampen zeitlich gegeneinander so versetzt, daß der aus einer Doppelleuchte mit Duo-Vorschaltung austretende Lichtstrom eine wesentlich kleinere Welligkeit hat als der der Leuchtstofflampen in Einfachschaltung (Bild 9). Die Welligkeit ist besonders bei der Beleuchtung von Werkstätten, Maschinensälen usw. von Be-

deutung, in denen umlaufende Maschinen arbeiten. Bei großer Welligkeit läßt der stroboskopische Effekt dem menschlichen Auge die Maschinenteile langsamer bewegt oder fast stillstehend erscheinen. Diese optische Täuschung wird vom Bedienungspersonal der Maschinen als sehr nachteilig empfunden und hat auch schon zu Unfällen Anlaß gegeben. Auch in Geschäftshäusern, Büros usw. werden in zunehmendem Maße Doppelleuchten mit Duo-Vorschaltgeräten (Bild 10) installiert, um das Lichtflimmern zu beseitigen.

Als weiterer Vorteil ist die sehr viel geringere Spannungsabhängigkeit des Lichtstromes einer Leuchtstofflampe in überkompensierter Schaltung anzuführen. Bei einer Netzunterspannung von 20 % geht der Lichtstrom einer Glühlampe auf etwa 45 % seines Nennwertes zurück, während das Licht der Leuchtstofflampe in Normalschaltung auf etwa 80 % und in überkompensierter Schaltung nur auf etwa 91 % zurückgeht. Bei diesen Unterspannungen bleibt die Lichtfarbe der Leuchtstofflampe nahezu gleich, während die Glühlampe Licht mit wesentlich stärkerem Rotanteil abgibt.

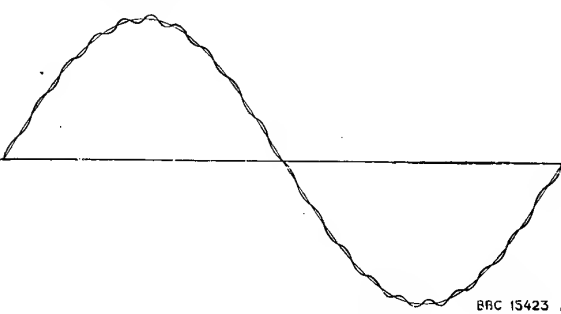


Bild 11 Spannungskurve (50 Hz) mit überlagertem tonfrequentem (1000 Hz) Steuerimpuls

Damit sind die drei Grundtypen der Vorschaltgeräte mit Drosselspulen erwähnt, und zwar das unkompensierte Gerät mit nur einer Drosselspule, das kompensierte Vorschaltgerät, bei dem ein Kondensator parallel zu den Netzanschlusssklemmen geschaltet ist, und das überkompensierte oder kapazitive Gerät, bei dem in Reihe mit der Drosselspule ein Kondensator die Verbindung zur Lampe herstellt.

In den letzten Monaten wird nun von einigen Elektrizitätswerken neben der Forderung nach Kompensation der induktiven Blindleistung verlangt, daß netzparallele Kondensatoren „verdrosselt“ sein müssen. Diese zusätzlichen Bedingungen sind auf die Anwendung tonfrequenter Netzkommandoanlagen in bestimmten Netzabschnitten zurückzuführen. Im Ausland, insbesondere in der Schweiz, in Frankreich und in geringem Maß auch in Amerika werden diese tonfrequenten Netzsteueranlagen seit einigen Jahren verwendet, die es dem Lastverteiler in die Hand geben, bestimmte Stromverbrauchergruppen, wie beispielsweise Heißwasserspeicher, Futterdämpfer usw., zu bestimmten Zeiten ferngesteuert vom Netz abzuschalten. Mit der gleichen Steuerung kann die Umschaltung von Doppeltarifzählern zu Zeiten vorgenommen werden, die dem Werk nach der vorliegenden Belastung günstig erscheinen. Auch ist die Fernsteuerung von Straßenbeleuchtungen durch diese Netzkommandoanlagen möglich, wobei sich der Vorteil ergibt, die Straßenbeleuchtung nicht als getrenntes Versorgungsnetz verlegen zu müssen, sondern gruppenweise Lampen an einem beliebigen Speisepunkt unter Zwischenschaltung des Fernsteuerschalters zu legen.

Damit dürfte die Bedeutung der Netzkommandoanlage in großen Zügen umrissen sein, und es erhebt sich nun die Frage, was hat diese Steueranlage mit den Vorschaltgeräten und Leuchtstofflampen zu tun? Für die Steuerung der oben geschilderten Schaltvorgänge werden dem normalen Drehstromnetz in den Schaltstationen oder

Steuerzentralen Spannungen höherer Frequenz (400...3000 Hz) für einige Sekunden Dauer aufgedrückt (Bild 11). Diese tonfrequente Steuerspannung wirkt sich in den normalen Stromverbrauchern nicht aus. Sie betätigt nur die Steuersätze, die auf diese Frequenz und diese Impulse abgestimmt sind. In Netzen mit vielen Kondensatoren, die parallel zu den Phasen geschaltet sind, wird der kapazitive Widerstand für die höheren Steuerfrequenzen so gering, daß die Empfänger nicht mehr genügend tonfrequente Spannung erhalten und die Steuerung versagt. Nach den bisherigen Erfahrungen des Auslandes darf in dem zu steuernden Netzabschnitt die Summe der Blindleistungen aller netzparallelen Kondensatoren höchstens 5...10 % der Leistung des Umspanners betragen, um Störungen der Kommandoanlage zu vermeiden.

Bei kompensierten Vorschaltgeräten für Niederspannungs-Leuchtstofflampen liegt der Kondensator parallel zu den Netzklemmen. Aus diesem Grunde verlangen nun die Elektrizitätswerke, die beabsichtigen, solche Steueranlagen einzuführen, die „Verdrosselung“ der Kondensatoren. Unter diesem Begriff versteht man die Vorschaltung einer kleinen Drosselspule vor dem netzparallelen Kondensator. Diese Sperrdrosselspule hat bei der normalen Netzfrequenz nur einen geringen Widerstand, er wirkt sich weder auf die Kompensation noch auf den Betrieb der Leuchtstofflampe nennenswert aus. Um den Einbau zusätzlicher Sperrdrosselspulen bei kompensierten Vorschaltgeräten aus dem Weg zu gehen, können Duo-Vorschaltgeräte verwendet werden, die dem tonfrequenten Steuerimpuls keine Energie entziehen. Bei dem Duo-Gerät ist eine Lampe über eine Drosselspule und die andere über die Reihenschaltung einer Drosselspule und Kondensator mit dem Netz verbunden. Der Scheinwiderstand dieser Kombination steigt nach dem Durchlaufen der Resonanzfrequenz (70...80 Hz) stetig an, so daß er bei den Steuerfrequenzen bereits hinreichend groß ist (Bild 12).

Abschließend ist über Tendenzen in der Entwicklung von Niederspannungs-Leuchtstofflampen und deren Zubehör zu berichten. Bei dem Einschalten einer Leuchtstofflampe wird der Vorheiz- und Zündvorgang als meist flackernder Übergang zwischen Dunkelheit und Licht als besonders störend empfunden. Es wird nun versucht, diesen offensichtlichen Nachteil auf drei voneinander getrennten Wegen zu beseitigen:

1. Verbesserung der Starter,
2. Entwicklung starterloser Vorschaltgeräte mit besonderer Vorheizschaltung,
3. Verbesserung der Lampenelektroden, damit diese ohne Kürzung der Lebensdauer Start ohne Vorheizung (Kaltstart) vertragen.

Die Glimmstarter wurden durch Einführung von Springstartern und Klebestartern verbessert. Bei diesen werden vorgespannte Bimetallelektroden (Klickeffekt) verwendet, die eine längere Vorheizzeit der Elektroden gewährleisten. Bei den Klebestartern wird von der leichten Verschweißung von Bimetallelektroden bei Kon-

densatorentladung Gebrauch gemacht. Ferner werden Startrelais mit thermischer Verzögerung, wie z.B. der Dehnungsdrahtstarter, angewendet. Sie haben den Vorteil, daß die Elektrodenvorheizung augenblicklich mit dem Einschalten der Lampe beginnt. Die Vorheizung ist bei gleicher Gesamtstartzeit dadurch länger und die Zündung der Lampen bei der ersten Kontaktöffnung wesentlich sicherer.

Bei der Bemessung starterloser Vorschaltgeräte muß ein Kompromiß zwischen der Leerlaufspannung an den Lampenelektroden und dem Heizstrom der Elektroden bei Betrieb der Lampe geschlossen werden. Wird die

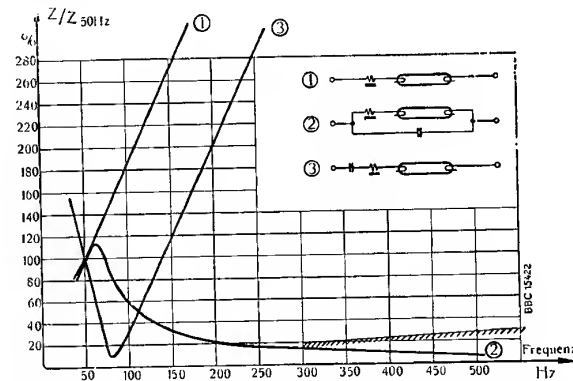


Bild 12 Scheinwiderstand eines unkompensierten (1), eines kompensierten (2) und eines überkompensierten (kapazitiven) (3) Vorschaltgerätes in Abhängigkeit von der Frequenz

Leerlaufspannung zu hoch gewählt, so besteht die Gefahr des Kaltstartes der Lampe, eine kleinere Leerlaufspannung erfordert einen größeren Vorheizstrom zur intensiven Aufheizung der Elektroden. Wird aber der Vorheizstrom zu groß gewählt, so bleibt der Heizstrom durch die Elektrodenwendeln auch bei Betrieb der Lampen größer als zulässig. Die Lebensdauer der Lampen leidet unter dieser ständigen Aufheizung der Elektroden.

Die Lampenindustrie arbeitet an der Vervollkommnung der Lampenelektroden, damit diese ohne nennenswerte Verminderung der Lebensdauer den Start ohne Vorheizung (Kaltstart) aushalten. Für den Sofortstart ist die Erhöhung der Leerlaufspannung des Vorschaltgerätes auf die 4...5fache Brennspannung notwendig. Das Gerät wird doppelt so groß, die Eigenverluste steigen im gleichen Maß und für die Kompensation sind Kondensatoren etwa vierfacher Kapazität notwendig. Welcher der drei skizzierten Wege zur Vervollkommnung der Anlagen mit Leuchtstofflampen in Zukunft vorwiegend beschritten wird oder ob sich noch eine weitere jetzt noch nicht erkennbare Lösung hinzugesellt, ist im Augenblick noch nicht zu sagen. Es arbeiten so viel Fachleute auf dem Gebiet der Gasentladung, der Leuchtstoffe, Elektrotechnik und Lichttechnik an den vielfachen Problemen, daß in den nächsten Jahren mit weiteren Fortschritten auf dem Gebiet der Kaltlichtbeleuchtung zu rechnen ist.

Gruppe F I — Elektrowärme

Einführung

Von H. Masukowitz

Nach zweijähriger Pause ist die Elektrowärme auf der diesjährigen VDE-Tagung in zwei Fachgruppen mit einer beachtlichen Zahl von Vorträgen vertreten. Es lohnt deshalb eine kurze Übersicht über die Entwicklung der Elektrowärme auf organisatorischem und technischem Gebiet in den letzten Jahren. Dabei darf festgestellt werden, daß auf allen Gebieten erfreuliche Fortschritte im In- und Ausland gemacht wurden.

Die Zusammenarbeit mit dem Ausland konnte auf verschiedenen Fachgebieten der Elektrowärme wieder aufgenommen werden. So besteht zwischen dem in Holland befindlichen Sekretariat der CEE (International Commission for the regulation and control of Electrical Equipment) und dem VDE seit längerer Zeit ein Gedankenaustausch über die in Vorbereitung befindlichen Sicherheitsvorschriften für Elektrowärmegeräte. Dieser hat dazu geführt, daß die Hauptkommission des VDE 0720 „Elektrowärmegeräte“ die bereits weitgehend fertiggestellte neue Vorschrift „VDE 0720“ erneut umgearbeitet und den CEE-Vorschriften angepaßt hat. Auf dem Gebiet der internationalen Dezimalklassifikation wurden die holländischen Vorarbeiten für eine verbesserte Herausgabe der Gruppe „DK 621.365 Elektrowärme“ mit den deutschen Fachleuten so weitgehend abgestimmt, daß sie nunmehr in aller Kürze die internationale Anerkennung finden dürften. An einer kürzlichen Sitzung der Elektrowärmeinstitute verschiedener Länder in Brüssel konnte erstmalig wieder Herr Professor Dr. Harald Müller, Langenberg, als Vertreter der deutschen Interessen teilnehmen. Im Jahre 1953 soll in Paris der dritte internationale Elektrowärmekongreß stattfinden. Nach den in Arbeit befindlichen Vorbereitungen ist anzunehmen, daß dieser wieder unter Mitarbeit der deutschen Fachleute durchgeführt werden wird, nachdem der erste Kongreß im Jahre 1936 in Scheveningen durch die Initiative Hollands und insbesondere von Herrn Professor Gelissen, Maastricht, unter lebhafter deutscher Beteiligung abgehalten wurde, während beim zweiten Kongreß im Jahre 1947 am gleichen Orte verständlicherweise deutsche Vertreter nicht anwesend waren. Weiter ist eine internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Literatur zur Auswertung des Schrifttums über Elektrowärme Probleme in Vorbereitung und bereits zwischen Holland und Deutschland eingeleitet. Die Bearbeitung einer Geschichtstafel über die Entwicklungsstufen der Elektrowärme befindet sich ebenfalls in Vorbereitung.

Aus dem Inland darf als wichtigstes Ereignis die erfreuliche Ausweitung der Tätigkeit unseres Langenberger Elektrowärmeinstitutes in den letzten beiden Jahren hervorgehoben werden. Trotz bescheidenster Mittel konnten die wichtigsten Aufbauarbeiten in Angriff genommen bzw. abgeschlossen werden. Neben den im Vordergrund stehenden Entwicklungsarbeiten über infrarote, induktive und dielektrische Erwärmung wurden neuerdings die gleichfalls brennenden Probleme der elektrischen Kochplatten, der Heißwasserbereitung, der Kühlschränke aufgegriffen, so daß das Elektrowärmeinstitut

in allen Fragen der Elektrowärmeanwendung heute die Interessen der Elektrowirtschaft wahrnehmen kann. Durch die Zeitschrift „Elektrowärmetechnik“ wird nunmehr seit über einem Jahr wieder das Spezialgebiet der Elektrowärme literarisch behandelt. Hervorgehoben werden kann das zu Anfang dieses Jahres erschienene Sonderheft „Ein halbes Jahrhundert Elektrowärme“, das neben den Beiträgen der Fachleute über die Entwicklung auf den einzelnen Anwendungsgebieten zwei umfangreiche Arbeiten über die verstorbenen Schrittmacher der Elektrowärme und die Geschichtszahlen der Elektrowärme brachte. Auch die Elektrizitätswerke haben sich wieder in beachtlichem Maße in die Förderung der Elektrizitätsanwendung im allgemeinen und der Elektrowärme im besonderen eingeschaltet. Die Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung (HEA) wurde bei der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke gegründet. Sie wirkt mit der deutschen Elektroindustrie zusammen im Hauptarbeitskreis „Elektrizitätsanwendung“. Von wesentlichen Veröffentlichungen sei das kürzlich herausgebrachte Nachschlagewerk „Anhaltzahlen über den Elektrizitäts-, Kraft- und Wärmebedarf der Industrie“ erwähnt. An den Technischen Hochschulen wird über Elektrowärme bereits wieder in Braunschweig und Aachen durch Herrn Professor Harald Müller, in Karlsruhe durch Herrn Dr. Lauster gelesen. Die bereits erwähnte VDE-Kommission 0720 „Elektrowärme“ hat nunmehr auch in der Unterkommission 0720/3 „Industrielle Elektrowärme“ ihre Arbeiten auf die Industrie ausgedehnt, wobei zunächst die Sicherheitsfragen bei elektrischen Lichtbogenöfen und Trockenschrank in Angriff genommen wurden. Schließlich kann noch auf die umfangreichen Arbeiten in den Fachnormenausschüssen FNE 223 „Haushalt-Elektrowärme“ und FNE 224 „Industrielle Elektrowärme“ hingewiesen werden.

Die technische Entwicklung hat sich in den letzten Jahren besonders auf dem in den Vorträgen der beiden Fachgruppen zu Worte kommenden Arbeitsgebiet der induktiven Erwärmung vollzogen. Metallschmelzöfen für Kupfer-, Aluminium-, Magnesiumlegierungen wurden mehr und mehr in die Industrie eingeführt, wobei bei den Kupferlegierungen die große Abbrandersparnis des Induktionsofens bei den außerordentlich erhöhten Metallpreisen besonders ins Gewicht fällt, während in der Magnesiumschmelze der Netzfrequenzofen mit dickwandigem Eisentiegel besondere Vorteile brachte. Auch die induktive Kesselbeheizung machte weitere Fortschritte neben den zahlreichen Anwendungsbeispielen der induktiven und dielektrischen Erwärmung der verschiedenartigsten Körper und Stoffe in Spezialapparaturen. Bei den Lichtbogenöfen geht die Entwicklung zu immer größeren Einheiten. Unabhängig hiervon ist neuerdings das früher bekannte Problem der Netzstörungen durch den Einschmelzbetrieb der Lichtbogenstahlschmelzöfen wieder aufgetreten. Bei den direkt beheizten Widerstandsöfen sind Erfolge großer Elektrodenglasschmelzöfen aus der Schweiz zu melden. Auch haben sich die Elektroden-Salzbädöfen immer noch weiter zum Härten und für

andere Wärmebehandlungsvorgänge durchgesetzt. Die indirekte Widerstandserwärmung hat sich besonders die Infrarotstrahlen zu eigen gemacht. Die ausländische Entwicklung wird jetzt auch in Deutschland mehr und mehr berücksichtigt. Neben dem kurzfristigen Trocknen von Lacken sind auch in der Textil-, Papier-, Leder- und Holzindustrie erfolgreiche Anwendungen zu verzeichnen. Große Tunnelöfen wurden in der Keramik-, Glas- und Emailindustrie aufgestellt. Ein wesentlicher Fortschritt ist hierbei die erfolgreiche Verwendung metallischer Heizleiter bis zu Dauertemperaturen von 1300°. Sie haben befriedigende Lebensdauer, können während des Betriebs ausgetauscht werden und können nunmehr in diesem

erhöhten Temperaturbereich die keramischen Heizstäbe ersetzen. Der Graphitabschmelzofen hat sich ebenfalls weiter erfolgreich in der Gießerei durchgesetzt. Spezialöfen mit Hochvakuum mit Graphit- oder Molybdänbeheizung für Temperaturen bis 2000° und mehr sind zu erwähnen. Auf dem Gebiet der Haushaltselktrowärme scheint die Entwicklung auf Hochleistungskochplatten mit Temperaturregler und geregelte Backöfen hinzusteuern. Bei der Heißwasserbereitung ist der Zweikreispeicher im Vormarsch. Durchlauferhitzer mit Widerstands- oder Elektrodenenerwärmung finden nach wie vor technisches Interesse. Auch das geregelte Bügeleisen setzt sich mehr und mehr durch.

Induktive Erwärmung ferromagnetischer Stähle mit Netzfrequenz

Von W. Sorgenicht

Während die Anwendungen des Prinzips der Erwärmung von Metallen in magnetischen Wechselfeldern sich bis etwa 1930 im wesentlichen auf Schmelzöfen beschränkten, haben sie sich in den letzten beiden Jahrzehnten, beginnend mit der Oberflächenhärtung, auf fast alle Wärmebehandlungsverfahren für Metalle ausgedehnt, teils noch in der Entwicklung, teils mit rasch zunehmendem Erfolg in der Industrie [1—5]. Gegenüber dieser raschen Ausweitung in den Anwendungen weisen die heutigen Grundlagen der Induktionserwärmung leider noch sehr empfindliche Lücken auf. Für die Berechnung der Schmelzöfen stehen ausreichende Unterlagen zur Verfügung, wozu noch die jahrzehntelangen Erfahrungen im Bau und im Betrieb der Öfen kommen. Die Behandlung der magnetischen Durchlässigkeit μ als Konstante und Vereinfachungen hinsichtlich der Form des Gutes, die bei der Ableitung der Formeln für die Berechnung von Schmelzöfen aus den Feldgleichungen eingeführt werden, beschränken aber die Brauchbarkeit dieser Beziehungen auf Werkstoffe, bei denen mit konstanter, feldunabhängiger Permeabilität gerechnet werden kann. Sie werden den vielgestaltigen Formen des Gutes bei der allgemeinen Anwendung der Induktionserwärmung nicht gerecht [6—9].

Es hat natürlich nicht an Ansätzen gefehlt, auch das Verhalten magnetischer Werkstoffe in magnetischen Wechselfeldern zu beschreiben. Der erste Ansatz in dieser Richtung dürfte wohl auf E. Rosenberg zurückgehen [10]. Rosenberg geht von der Annahme aus, daß in starken magnetischen Wechselfeldern die durch die magnetische Feldstärke \mathcal{H} erzeugte Randinduktion \mathcal{B} bei massivem Eisen mit konstanter Größe in das Eisen eindringt und plötzlich bei Erreichung des Knies der Magnetisierungskennlinie durch die Gegenwirkung der Induktionsströme auf Null abfällt. Er gelangt so zu sehr einfachen Beziehungen für die Eindringtiefe von Feld und Strom, die sich als brauchbar für die numerische Berechnung der Verlustleistung in stählernen Konstruktionsteilen von elektrischen Maschinen und Transformatoren gezeigt hat. Auf diese Näherung zurückgreifend geht Ollendorf mit einer durch eine gewisse Sättigungsstrecke gekennzeichneten Exponentialfunktion für die magnetische Durchlässigkeit in die Feldgleichungen und erhält durch deren Integration die Grundlagen zu einer Beschreibung der Strom- und Feldverteilung [11].

Die von Rosenberg und Ollendorf gefundenen Beziehungen haben sich als Grundlagen für die theoretische Behandlung von Aufgaben der induktiven Wärmebehandlung nicht durchgesetzt, da die Bestimmung der Randfeldstärke \mathcal{H} bei den vielgestaltigen Formen des Gutes nur selten mit ausreichender Genauigkeit möglich ist. Sie finden hier Erwähnung, weil bei den Arbeiten in der neueren amerikanischen Literatur [1, 12] von ähnlichen Voraussetzungen ausgegangen wird und weil die aus der Rosenbergschen Annahme sich ergebende Zu-

nahme der Eindringtiefe der Induktionsströme mit Wachsen der Randfeldstärke bei ferromagnetischen Stoffen sich bei der Induktionserwärmung bestätigt. Die Zunahme der Eindringtiefe der Ströme ist es auch, die in Verbindung mit niedrigen Frequenzen die Grundlage zu möglichst gleichmäßiger Erwärmung des Gutes bildet, und zwar unmittelbar gleichmäßig, ohne wesentliche Vermittlung des Temperatenausgleiches durch Wärmeleitung. Als Anwendungsbeispiele seien hier nur das elektroinduktive Anlassen von Vergütungsstählen genannt, das nach Großzahluntersuchungen von Krainer [13] eine wesentliche Erhöhung der Kerbschlagzähigkeit bringt, und das Anwärmen von Werkstücken auf verhältnismäßig niedrige Temperaturen zum Zwecke des Aufschumpfens. Dabei erhebt sich die Frage, was die Netzfrequenz als energie- und aufwandsmäßig billigste Frequenz zur Lösung dieser Aufgaben beitragen kann und welche Wirkungsgrade und Einsatzleistungen insbesondere bei kleinen Stückdurchmessern zu erwarten sind. Diese Fragen lassen sich wegen der aufgezeigten Lücken in den Grundlagen nicht rein rechnerisch erledigen. Es bleibt also nur der experimentelle Weg. Hier ist eine strenge Systematik am Platze, wenn die aus solchen Versuchen erzielten Ergebnisse auf die Verhältnisse in der Praxis der Induktionserwärmung übertragbar werden sollen. Daß mit Netzfrequenz bei Durchmessern bis zu 100 mm eine wirtschaftliche Erwärmung über den magnetischen Umwandlungspunkt nicht gegeben ist, darf als bekannt vorausgesetzt werden und läßt sich leicht rechnerisch nachweisen [5]. Nach dem kürzlich vollzogenen Wiederaufbau des Elektrowärme-Institutes in Langenberg/Rhld. [14] wurden diese Fragen aufgegriffen. Hier folgt eine vorläufige Bekanntgabe der ersten Versuchsergebnisse.

In Anlehnung an die Entwicklung der Theorie des kernlosen Induktionsschmelzofens wurde zuerst das Verhalten von zylindrischen Stahlproben in zylindrischen Arbeitsspulen untersucht, eine Einschränkung hinsichtlich der Form, die dadurch tragbar ist, daß der Vollzylinder eine der in der Technik am häufigsten vorkommenden Formen von Werkstücken und Halbmaterial ist. Für die Wahl des Vollzylinders spricht auch die Tatsache, daß für diesen die zuverlässigsten Berechnungsunterlagen für Vergleichsberechnungen an unmagnetischen Einsätzen vorhanden sind.

Bevor wir nun auf die Ergebnisse der Voruntersuchungen eingehen, wollen wir uns einiger Grundlagen aus der Theorie der Induktionserwärmung bei unmagnetischen Einsätzen erinnern. Wir wollen uns dabei auf das System Arbeitsspule — Einsatz beschränken und von dessen Kenngrößen nur die Einsatzleistung und den Wirkungsgrad untersuchen. In allgemeiner Form läßt sich die Einsatzleistung durch die Beziehung darstellen

$$n_E = C \cdot A^2 \cdot K \cdot F(d, \alpha, \mu, f) \quad [\text{W/cm}^2]. \quad (1)$$

Hierin bezeichnen:

- n_E = Spezifische Einsatzleistung [W/cm²], d. h. die je cm² der Mantelfläche des Einsatzes aufgenommene Leistung,
- C = Konstante,
- A = Strombelag der Arbeitsspule [A/cm],
- $A = \frac{I \cdot w}{l}$,
- I = Spulenstrom [A],
- w = Windungszahl der Spule,
- l = Länge der Spule bzw. des Einsatzes [cm],
- K = Verkettungsfaktor, ein Maß für die Verkettung der primären und sekundären Wechselgrößen,
- d = Einsatzdurchmesser [cm],
- κ = elektrische Leitfähigkeit des Einsatzes [$\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$],
- μ = relative magnetische Durchlässigkeit,
- f = Arbeitsfrequenz [Hz].

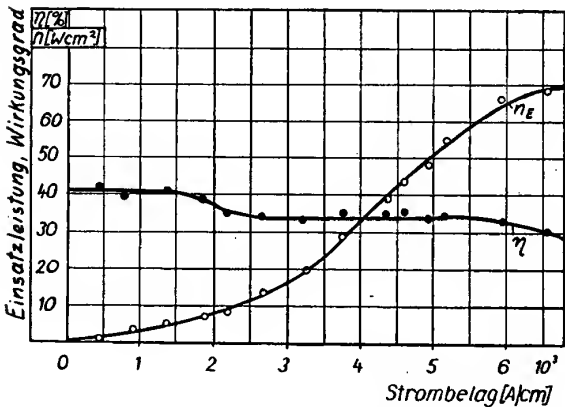


Bild 1 Elektrischer Wirkungsgrad η und Einsatzleistung n_E in Abhängigkeit vom Strombelag. $f = 50$ Hz. Einsatz: Werkzeugstahl mit 0,61 % C-Gehalt, 40 mm ϕ , 56 mm lang

Bei magnetischen Einsätzen ist nun der Wert der Funktion $F(d, \kappa, \mu, f)$ unabhängig von der Größe des Strombelages A . Durch unbegrenzte Steigerung von A ist also eine unbegrenzte Erhöhung der Einsatzleistung zu erreichen, die praktisch nur durch die Verlustleistung der Arbeitsspule begrenzt wird, die vom Kühlwasser noch abgeführt werden kann.

Da die Verluste in der Arbeitsspule ebenso wie die Einsatzleistungen quadratisch mit dem Strombelag A ansteigen, bleibt der elektrische Wirkungsgrad

$$\eta_{el} = \frac{n_E}{n_E + n_{sp}} \quad (2)$$

in erster Näherung konstant. Die Erwärmung des Spulenleiters bei hoher Belastung der Arbeitsspule ist hierbei nicht berücksichtigt.

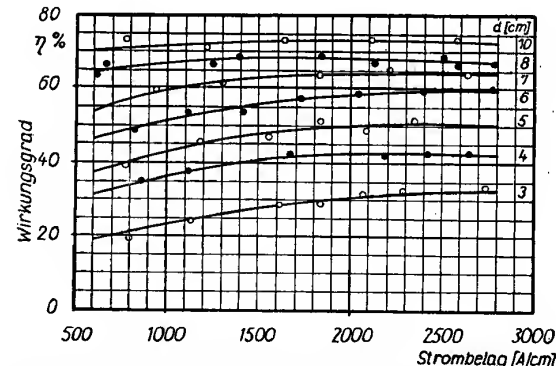


Bild 2 Abhängigkeit des Wirkungsgrades vom Strombelag A bei verschiedenen Einsatzdurchmessern. Einsatz: Werkzeugstahl mit 0,61 % C-Gehalt, $\phi = 30 \dots 100$ mm, Länge $l = 1,066 d + 10$ [mm]

n_{sp} ist die spezifische Verlustleistung [W/cm²], d. h. die auf den cm² der inneren Wandung der Arbeitsspule bezogene Verlustleistung.

Bei zylindrischem Querschnitt wird das Optimum der Leistung für die Volumeneinheit des Gutes erreicht, wenn nach F. Wewer und W. Fischer [6] die Bedingung

$$\frac{d}{2} \sqrt{\mu_0 \mu \kappa} = 2,5 \quad (3)$$

erfüllt wird. μ_0 ist die absolute Permeabilitätskonstante [Vs/cm^2].

Diese Bedingung liefert bei gegebenen elektrischen Eigenschaften des Gutes die günstigste Frequenz bei einem bestimmten Durchmesser oder den günstigsten Durchmesser bei gegebener Frequenz. Sie wurde bei der Entwicklung der Theorie des kernlosen Induktions-Schmelzofens gefunden und ist brauchbar für alle Anwendungsfälle, bei denen es auf eine gleichmäßige Erwärmung des Gutes ankommt.

Bei der Anwendung der drei Beziehungen für die Einsatzleistung, den Wirkungsgrad und den günstigsten Durchmesser bei magnetischem Einsatz muß berücksichtigt werden, daß mit der willkürlichen Wahl eines bestimmten μ -Wertes gleichzeitig auch der Strombelag der Arbeitsspule festgelegt wird, da hier μ eine feldabhängige Größe ist und das Feld \mathcal{H} durch A erregt wird. Wegen dieser Abhängigkeit ist also bei magnetischem Gut ein vom Verhalten des unmagnetischen Gutes abweichender Verlauf von Einsatzleistung und Wirkungsgrad bei Änderung des Strombelages der Arbeitsspule zu erwarten.

Die Messungen bei dem im folgenden beschriebenen Versuchen wurden mit astatischem Strom-, Spannungs- und Leistungsmessern durchgeführt. Durch kalorimetrische Messungen der Spulenverlustleistungen konnte die Richtigkeit der elektrischen Messungen bestätigt werden. Mit dem neuen Vektormesser der AEG wurde ein wegen der niedrigen Spulenspannungen zur Anpassung an die Meßbereiche von Spannungs- und Leistungsmesser erforderlicher Spannungswandler eingeleitet. Da der Vektormesser sich nur für die Messung stationärer Größen eignet, wurde die Eichung bei leerer Spule im Beharrungszustand vorgenommen. Als Werkstoff für die Proben kam ausschließlich Werkzeugstahl mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,61 % zur Verwendung.

Das Bild 1 zeigt nun die Abhängigkeit des Wirkungsgrades η und der Einsatzleistung n_E vom Strombelag A der Arbeitsspule. Die Probe hatte einen Durchmesser von 40 mm bei einer Länge von 56 mm. Der Luftspalt zwischen innerer Wandung der Arbeitsspule und der Probe betrug 3 mm.

Die Einsatzleistung steigt mit zunehmendem Strombelag fast quadratisch an und erreicht schließlich einen Grenzwert. Dieser Grenzwert wird offenbar dann erreicht, wenn die Probe völlig durchsättigt ist. Wir haben damit eine Bestätigung der Rosenbergschen Annahme, daß das magnetische Feld mit wachsender Randfeldstärke tiefer in den Stoff eindringt. Der Wirkungsgrad fällt zunächst mit zunehmendem Strombelag etwas ab, bleibt dann über einen weiten Bereich konstant, um bei Erreichung der Grenzeinsatzleistung rasch abzufallen. Bei magnetischen Einsätzen läßt sich also nicht wie bei unmagnetischen Einsätzen durch Steigerung des Strombelages beliebige Einsatzleistung erzielen.

Das Bild 2 zeigt den Einfluß des Einsatzdurchmessers d auf den Wirkungsgrad η bei 7 Proben von 30...100 mm Durchmesser. Der Luftspalt betrug bei der 30 mm-Probe 1 mm und änderte sich bei den übrigen Spulen nach der Beziehung $\Delta = 0,033 \cdot d$. Für die Probenlänge l wurde die Beziehung gewählt:

$$l = 1,066 d + 1 \text{ [cm]}.$$

Der Wirkungsgrad η bei den einzelnen Proben steigt im Gegensatz zu dem vorher beschriebenen Versuch mit

zunehmendem Strombelag etwas an, eine Erscheinung, die auf die Technik der Kühlwasserführung zurückzuführen ist. Aus Gründen des Material- und Zeitaufwandes mußte bei diesen Versuchsreihen von einem leicht verarbeitbaren Profil Gebrauch gemacht werden. Die mit diesen Spulen erzielten Versuchsergebnisse wurden deshalb auf optimale Werte unter Zugrundelegung einer einwindigen Spule mit 20 mm radialer Stärke und einer konstanten Leitertemperatur von 80 °C umgerechnet, die durch einen der Nennleistung des Heizgerätes angeglichenen Kühlwasserverbrauch erreicht werden kann. Der aus Bild 2 zu erkennende Anstieg des Wirkungsgrades bei zunehmendem Einsatzdurchmesser ist in Bild 3 noch einmal deutlicher veranschaulicht. Hier ist der Wirkungsgrad bei zwei verschiedenen Strombelägen in Abhängigkeit vom Einsatzdurchmesser dargestellt. Mit zunehmendem Einsatzdurchmesser steigt der Wirkungsgrad steil an, um sich jedoch bei 80 bis 100 mm Probendurchmesser einem Grenzwert zu nähern. Auch bei diesen Messungen liegt in einem weiten Bereich unterhalb der Grenzeinsatzleistung ein wesentlicher Einfluß des Strombelages auf den Wirkungsgrad nicht vor.

Tabelle 1
Abhängigkeit des Wirkungsgrades vom Strombelag bei verschiedenen Verhältnissen l/d

Einsatzlänge Einsatz- durchmesser $\frac{l}{d}$		Strombelag A/cm			
		500	1000	1500	2000
2,05	a	39,0	47,5	50,5	49,0
	b	82,0	78,0	74,0	70,5
	c	86,5	82,5	78,5	74,5
3,40	a	64,0	64,0	63,0	61,0
	b	83,0	79,0	75,0	71,0
	c	87,0	82,5	78,0	73,0
6,25	a	82,0	79,0	75,0	72,0
	b	87,0	83,0	79,0	75,0
	c	88,5	84,5	80,5	76,5

Tabelle 2
Abhängigkeit der Einsatzleistungen (in W/cm²) vom Strombelag bei verschiedenen Verhältnissen l/d

Einsatzlänge Einsatz- durchmesser $\frac{l}{d}$		Strombelag A/cm			
		500	1000	1500	2000
2,05	a	1,0	5,2	13,5	22,5
	b	6,7	21,0	38,0	57,0
	c	9,0	28,0	50,0	70,0
3,40	a	2,9	11,0	23,5	38,5
	b	8,4	24,5	45,5	66,0
	c	10,3	29,0	50,5	71,0
6,25	a	7,25	20,0	37,0	56,0
	b	9,5	26,0	46,5	67,0
	c	10,5	29,5	52,2	74,0

a ohne Eisenschluß; b mit Eisenschluß und Luftspalt von 2 x 0,2 cm; c mit Eisenschluß ohne definierten Luftspalt.

Bei den bisher beschriebenen Versuchen handelt es sich um Messungen bei verhältnismäßig kurzen Proben, deren Länge nur wenig größer als der Durchmesser war. In einer weiteren Versuchsreihe wurden die Verhältnisse hinsichtlich Wirkungsgrad und Einsatzleistung an Proben von 40 mm Durchmesser bei verschiedenen Einsatzlängen untersucht. Die Länge der Arbeitsspule

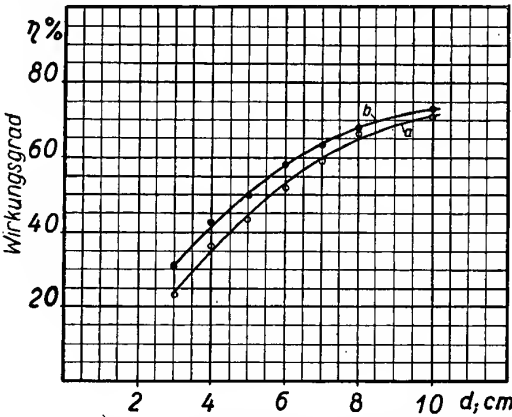


Bild 3 Abhängigkeit des Wirkungsgrades vom Einsatzdurchmesser bei verschiedenen Strombelägen; Kurve a: 1000 A/cm, Kurve b: 2000 A/cm

entsprach dabei jeweils der Einsatzlänge. Der Luftspalt zwischen Innenwandung der Spulen und der Mantelfläche der Einsätze betrug 2,5 mm. Als Werkstoff diente ein Vergütungsstahl ähnlich C 35. Das Verhalten von Wirkungsgrad und Einsatzleistung wurde nun wie folgt untersucht:

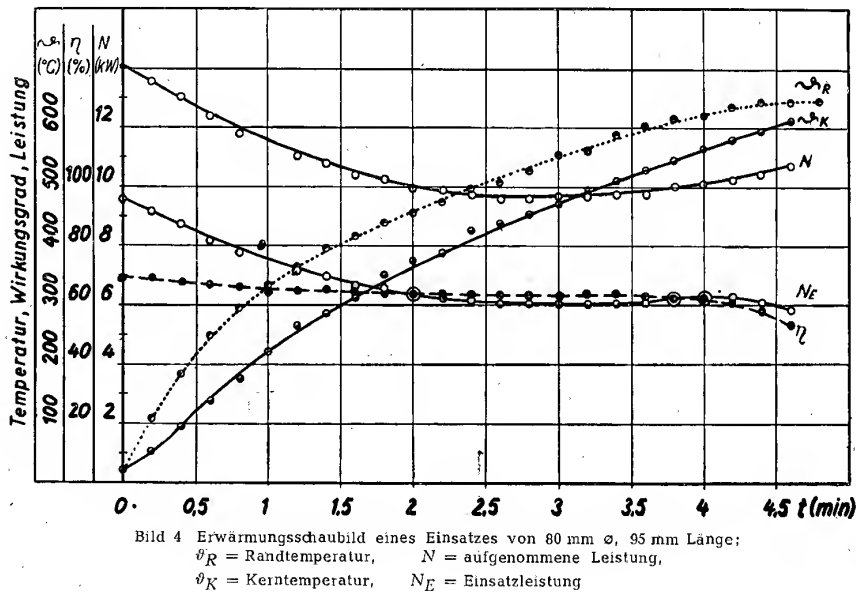
- a) bei Spulen ohne äußeren Eisenschluß,
- b) bei Spulen mit äußerem Eisenschluß und einem Luftspalt von 2 x 0,2 cm zwischen den Stirnseiten des Einsatzes und dem U-förmigen Eisenpaket und
- c) bei Spulen ohne Luftspalt, wenn von den Stoßfugen des Eisenpaketes abgesehen wird.

Die Ergebnisse aus dieser Versuchsreihe sind in Tabelle 1 und 2 zusammengestellt. Sie zeigen die Abhängigkeit von Wirkungsgrad und spezifischer Einsatzleistung bei drei Verhältnissen $l/d = 2,05; 3,04$ und $6,25$ (Einsatzlänge : Einsatzdurchmesser) von Strombelägen der Heizspule zwischen 500 und 2000 A/cm. Bei verhältnismäßig kurzen Spulen ($l/d = 2,05$ und $3,4$) ohne äußeren Eisenschluß bleibt der Wirkungsgrad bei zunehmendem Strombelag praktisch konstant, während bei der langen Spule $l/d = 6,25$ ein deutliches Absinken des Wirkungsgrades mit steigendem Strombelag festzustellen ist. Bei Spulen mit äußerem Eisenschluß nimmt der Wirkungsgrad bei allen Spulen mit wachsendem Strombelag angenähert linear ab, und zwar sowohl bei der luftspaltlosen wie auch bei der Spule mit Luftspalt.

Die Erhöhung des Wirkungsgrades durch äußeren Eisenschluß macht sich am stärksten bei kurzen Spulen geltend, und zwar um so stärker, je geringer der Strombelag ist. Im Vergleich dazu ist die Wirkung des Luftspaltes gering. Das Verhältnis Einsatzlänge zu Einsatzdurchmesser hat auf den Wirkungsgrad ausschlaggebende Bedeutung nur bei Spulen ohne Eisenschluß.

Die Einsatzleistungen nehmen mit steigendem Verhältnis l/d bei Spulen ohne Eisenschluß sehr stark zu, während der Einfluß von l/d bei Spulen mit äußerem Eisenschluß auf die Einsatzleistung nur gering ist. Das ist darauf zurückzuführen, daß durch den Eisenschluß auch bei kurzen Spulen die Verhältnisse der unendlich langen Spule erreicht werden.

Bei den bisher betrachteten Wirkungsgraden handelt es sich um den elektrischen Wirkungsgrad des Systems Arbeitsspule—Einsatz bei Beginn der Aufheizung. Die Festlegung eines Anfangswirkungsgrades auf eine genau



definierte Anfangstemperatur war wegen der relativ langen Einstellzeit der Meßgeräte nicht möglich. Die Bestimmung des Totalwirkungsgrades unterliegt so vielen Veränderlichen, daß hierüber keine eindeutigen Angaben gemacht werden können.

Das Bild 4 zeigt die Abhängigkeit des elektrischen Wirkungsgrades von der Temperatur bei einem Einsatz mit einem Durchmesser von 80 mm und einer Länge von 95 mm. Bei diesem Durchmesser bleibt der Wirkungsgrad bis zu einer Temperatur von 600°C praktisch konstant, um dann langsam abzusinken. Bemerkenswert ist der geringe Unterschied zwischen Rand- und Kerntemperatur (θ_R und θ_K), der bei 640°C Randtemperatur nach anfänglichen größeren Differenzen nur noch 5% beträgt.

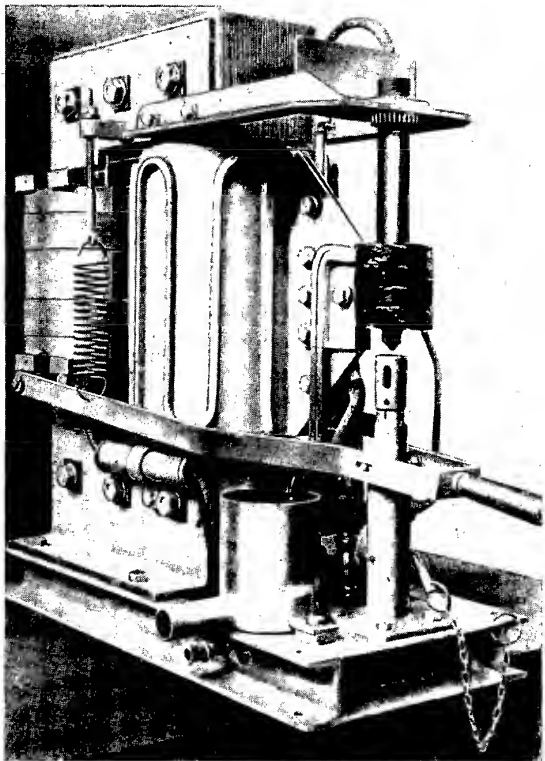


Bild 5 Industrielle Netzfrequenz-Induktionsglühanlage zur Erwärmung von Schließringen. Schließringmaße: 25,7 x 34 mm \varnothing , 57 mm Länge

Bei geringeren Durchmessern ist bei steigender Temperatur des Einsatzes mit einem wesentlich stärkeren Abfall des elektrischen Wirkungsgrades zu rechnen.

Der Umfang der bisher durchgeführten Versuche im Elektrowärme-Institut läßt allgemeine Schlußfolgerungen quantitativer Art nur in einem bescheidenen Rahmen zu. Die Versuche werden laufend weitergeführt und zu gegebener Zeit in den Mitteilungen des Institutes bekanntgegeben.

Abschließend sei noch ein in den Rahmen unserer Ausführungen passendes Anwendungsbeispiel gebracht. Es bezieht sich auf eine Netzfrequenz-Induktionsglühanlage, die zum Erwärmen von Schließringen dient (Bild 5). Das Gerät hat sich in einer Fließbandfertigung wegen seiner schnellen Betriebsbereitschaft und der kurzen Erwärmungszeit (400°C in 1 Minute) bewährt, obwohl der Wirkungsgrad wegen des geringen Durchmessers der Ringe (34 mm) nicht hoch ist.

Schrifttum

[1] N. R. Stansel: Induction Heating, Mc Graw Hill Book, 1950.
[2] G. H. Brown, C. N. Hoyler, R. A. Bierwirth: Theorie and Application of Radio — Frequenz Heating, van Nostrand Company, 1947.
[3] K. Kegel: Die Oberflächenbehandlung von Stahl mittels induktiver Hochfrequenz-Erwärmung, Elektrotechnik, Bd. 2 (1948), Nr. 10, S. 185—191.
[4] G. Seulen: Grundlagen, Anwendungsgebiete und Wirtschaftlichkeit der Induktionserwärmung, Werkstattstechnik und Maschinenbau, 41 (1951), H. 1.
[5] G. Hennicke: Induktionsöfen mit Netzfrequenz, Technische Mitteilungen, 43 (1949), H. 2.
[6] F. Wewer und W. Fischer: Zur Kenntnis des Hochfrequenz-Induktionsofens 1, Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforschung 1926.
[7] C. R. Burch and N. R. Davis: Philos. Magazine I (1925), 768.
[8] W. Esmarch: Wissenschaftl. Veröffentlichung Siemens-Konzern, X/2 (1931), 172.
[9] K. Reche: Wissenschaftl. Veröffentlichung Siemens-Konzern XII (1933), 1—33.
[10] E. Rosenberg: Wirbelströme in massivem Eisen, ETZ 44 (1923), 513—518.
[11] F. Ollendorff: Das Eindringen elektromagnetischer Wellen in hochgesättigtes Eisen, Ztschr. techn. Physik 12 (1931), 39.
[12] I. T. Vaughan and I. W. Williamson: Design of Induction Heating Coils for Cylindrical Magnetics Loads, Electr. Engng. Trans. Sect., 64 (1945), 587—592.
[13] H. Krainer: Elektroinduktives Anlassen im Walzwerk, Stahl und Eisen, 65 (1945), 95—100.
[14] Harald Müller: Der Wiederaufbau des Elektrowärme-Institutes und seine Aufgaben, Technische Mitteilungen 43 (1950), S. 578.

Aussprache

Herr K. Mertens, Düsseldorf-Reisholz: Können schon Angaben über den Leistungsfaktor bei Betrieb mit Netzfrequenz gemacht werden?

Vortragender: Bei den vorliegenden Untersuchungen mit Netzfrequenz lagen die Leistungsfaktoren zwischen $\cos \varphi = 0,3$ und $0,5$. Verbindliche Angaben darüber können aber erst gemacht werden, wenn die Versuche mit industriemäßig ausgeführten Spulen wiederholt werden.

Herr E. Flegler, Aachen: Wegen der Verschlechterung des Leistungsfaktors bei Wechselfeldanlagen zur induktiven Erwärmung hat vor einigen Jahren eine Stelle (wenn ich nicht irre, BBC) eine Anordnung entwickelt, bei der sich der zu erwärmende Körper relativ zu einem Gleichfeld räumlich dreht. Haben sich derartige Anlagen eingeführt und welche Erfahrungen wurden damit gemacht?

Vortragender: Über die Versuche von BBC mit solchen Anlagen liegen Veröffentlichungen vor, die auch Angaben über die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens enthalten.

Herr L. von Szalay, Berlin-Charlottenburg: Es müßte doch möglich sein, durch Annäherungsbehandlung der Wärmeleitungsdifferentialgleichung zu Lösungen zu kommen, die den experimentellen Resultaten des Vortragenden entsprechen. Ich habe durch meine Schüler ähnliche Rechnungen schon durchführen lassen und will weitere Arbeiten auf diesem Gebiet ausgeben.

Vortragender: Verschiedene Ansätze in dieser Richtung wurden gemacht (E. Rosenberg und F. Ollendorf), von denen schon im Fachbericht gesprochen wurde. Diese haben sich aber nicht durchgesetzt.

Herr K. Kegel, Berlin: Wie wurde die Temperatur an der Oberfläche und im Innern der Erwärmungsprobe gemessen und wieviel Zeit stand für die Temperaturmessung zur Verfügung?

Vortragender: Die Temperaturmessung wurde mit Thermoelementen ausgeführt, die in axialen Bohrungen am Rande und in der Mitte des Einsatzes untergebracht waren. Der Temperaturverlauf wurde mit dem Photozellenkompensator der Fa. H & B in Verbindung mit einem Linienschreiber registriert. Die Einstellzeit bei diesem Gerät beträgt ca. 1,5 s und genügt für die relativ langen Erwärmungszeiten in der Größenordnung von Minuten bei Netzfrequenz. Bei der Hochfrequenz-erwärmung mit ihren außerordentlich kurzen Erwärmungszeiten von 0,1...0,4 s versagt natürlich diese Meßmethode.

Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Induktions-Härtemaschinen

Von K. Kegel

Zu Beginn der 30er Jahre fand die induktive Wärmebehandlung Eingang in die Härtereitechnik, wo sie vor allem für die Oberflächenhärtung ausgenutzt wurde. Hierbei werden mittel- und hochfrequente Wechselströme verwendet, die für eine Oberflächenhärtung besonders geeignet sind. Der Vorteil der induktiven Oberflächenhärtung gegenüber den bisherigen Verfahren ist folgender:

Bisher wurde das gesamte zu härtende Stück durchwärmt. Die induktive Oberflächenhärtung gestattet, an den Maschinenbauteilen nur die Stellen mit Wechselstrom zu erhitzen, die tatsächlich hart werden müssen, wobei man den Wechselstrom dem Werkstück induktiv zuführt. Es sind außer den elektrischen Stromerzeugern für Mittel- bzw. Hochfrequenz Bearbeitungsmaschinen notwendig, die in keiner Weise mehr den üblichen

tenen Fällen verwendet. Ihr Hauptanwendungsgebiet ist die Schmiedeerhitzung, von der hier nicht die Rede sein soll. Meist wird ein Glühübertrager mit Heizleiter zur Übertragung der Energie auf das Werkstück verwendet. Die schematische Anordnung zeigt Bild 2. Das

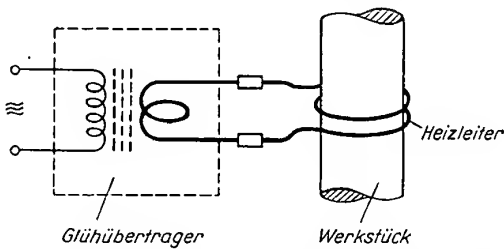


Bild 2 Prinzipanordnung Glühübertrager, Heizleiter, Werkstück

Werkstück ist hier an einen Heizleiter angekoppelt, der dem Werkstück in der Form angepaßt ist und aus einer ein- oder zweiwindigen Spule oder einfachen Leitergebilden besteht, die den Konturen des Werkstückes folgen, wie dies in Bild 3 dargestellt ist. Die Anordnung von Glühübertrager und Heizleiter besteht also aus zwei hintereinandergeschalteten Transformatoren, die folgende Aufgabe haben:

Heizleiter und Werkstück bilden das eigentliche Energieübertragungsglied. Der Glühübertrager ist ein Anpassungstransformator, der den vom Heizleiter übertragenen Werkstückwiderstand an den Generator anpaßt, so daß ein möglichst hoher Wirkungsgrad erzielt wird. Als Generatoren werden für Frequenzen bis 10 000 Hz rotierende Umformer, über 10 kHz heute nur noch Röhrengeneratoren eingesetzt.

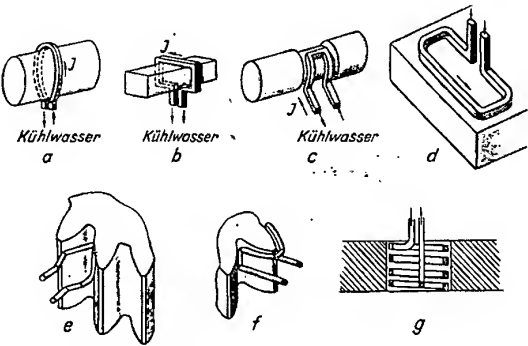


Bild 3 Heizleiterschleifen verschiedener Ausführungen

Härteöfen entsprechen, sondern sehr viel Ähnlichkeit mit Werkzeugmaschinen haben. Diese Anlagen können ohne weiteres bei der Fabrikation in die Fertigungsstraße eingefügt werden. Diese Vorgänge in elektrischer wie auch in mechanischer Hinsicht bedingen eine besonders sorgfältige Ausbildung der Anlage. Es soll deswegen zunächst kurz auf die elektrotechnischen Grundlagen näher eingegangen werden:

Zur Übertragung der elektrischen Energie auf das Werkstück werden sogenannte Glühübertrager und Heizleiter verwendet. Der einfachste Heizleiter besteht aus einer Spule, in die das Werkstück eingeführt wird. Der Heizleiter (Spule) stellt dabei die Primärwicklung eines Transformators dar, während das Werkstück die Sekundärwicklung mit dem Belastungswiderstand verkörpert (Bild 1). Durch die Spule schickt man einen hochfrequenten Wechselstrom, der in das Werkstück übertragen wird. Solch eine einfache Vorrichtung wird nur in sel-

Bei der Oberflächenhärtung wird nun verlangt, daß von einem Werkstück tatsächlich nur die Oberfläche erhitzt wird und daß diese Erhitzung möglichst schnell erfolgt. Also müssen Ströme mit Frequenzen verwendet werden, bei denen ein ausgeprägter Skin-Effekt auftritt. Für einen möglichst hohen Wirkungsgrad soll die Eindringtiefe des Stromes mit der Einhärtetiefe in gewissen Bereichen übereinstimmen. Das günstige ist, die Ein-

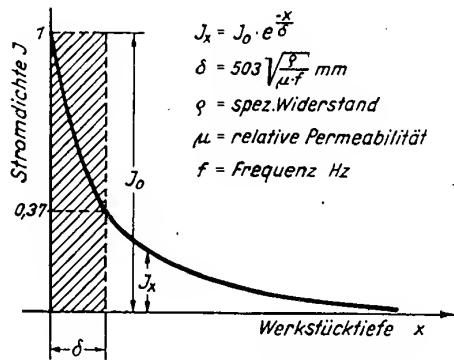


Bild 4 Eindringtiefe von Wechselströmen im Leiter

dringtiefe des Stromes gleich der Einhärtetiefe zu wählen. Toleranzen im Verhältnis 1 : 3 sind ohne weiteres zulässig. Bild 4 zeigt die Stromverteilung in einem ebenen Werkstück. Die Verteilung unter der Oberfläche geht nach einer Exponentialfunktion. Man bezeichnet als Eindringtiefe die stromdurchflossene Schichtdicke des Werkstückes, in der die Stromdichte auf den e-Teil der Stromdichte an der Oberfläche abgesunken ist. Da-

mit errechnet sich die Eindringtiefe zu $\delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu \cdot f}}$ mm. Es läßt sich ferner berechnen, daß im Werkstück eine induktive Phasenverschiebung auftritt, die unabhängig vom Material und der Frequenz 45° beträgt.

Wenn wir uns das Transformator- und Diagramm der Anordnung Heizleiter—Werkstück betrachten (Bild 5), so ist durch das Werkstück eine feste Phasenverschiebung gegeben, die sich nicht kompensieren läßt. Geht man nun vom Werkstück als Sekundärwicklung des Transformators zum Heizleiter als Primärwicklung dieses Transformators über, so stellt man fest, daß die Phasenverschiebung nahezu 90° ($\cos \varphi = 0,02 \dots 0,1$) wird. Dies

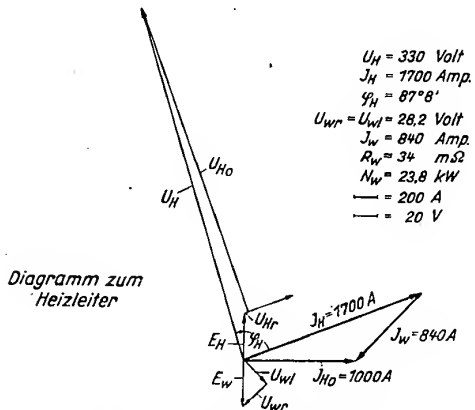


Bild 5 Vektordiagramm des Glühübertragers zur Zylinderhärtung nach dem Brennlinsenverfahren

hängt damit zusammen, daß man den Heizleiter nicht beliebig fest mit dem Werkstück koppeln bzw. auch keinen einwandfreien Eisenrückschluß der Feldlinien herstellen kann. Denn das Werkstück wird bei dem Härtevorgang bewegt und nimmt mindestens eine Temperatur von 900° an, so daß dadurch ein satter Eisenrückschluß unmöglich gemacht und ein gewisser Abstand

zwischen Werkstück und Heizleiter nötig wird. Der Kopplungsfaktor zwischen Heizleiter und Werkstück bewegt sich in der Größenordnung von 0,1...0,3, selten erreicht man 0,5. Daraus ergibt sich, daß gerade dem Raum zwischen Heizleiter und Werkstück die größte Bedeutung bei der Energieübertragung zukommt. Der Glühübertrager zwischen Heizleiter und Generator kann grundsätzlich als luftgekoppelter Transformator gebaut sein, jedoch wird er bei niedrigeren Frequenzen auch mit Eisenkernen versehen, um kleinere Abmessungen zu erzielen.

Die Ströme, die bei der Oberflächenhärtung in einem Heizleiter fließen, liegen in der Größenordnung von 1000 bis 5000 A. Man muß aus diesem Grunde den Heizleiter druckwasserkühlen, wobei das Kühlwasser luftfrei sein muß. Als Material für die Heizleiter wird

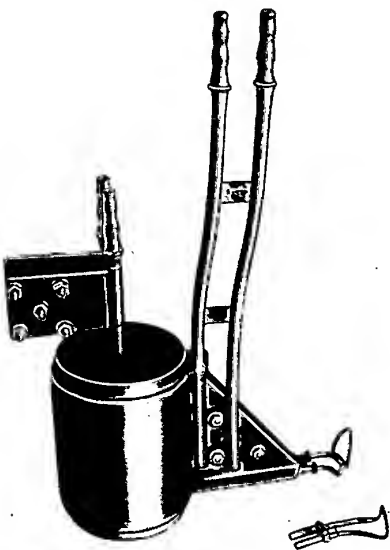


Bild 6 Glühübertrager mit austauschbaren Heizleiterschleifen für universelle Verwendbarkeit

Kupfer- und Silberrohr verwendet, wobei die kleinsten Heizleiter mit Außendurchmessern von 0,8 mm hergestellt werden. Die Abstände zwischen Heizleiter und Werkstück liegen in der Größenordnung von 0,1...1,5 mm, selten bis 5 mm. Bei größeren Abständen geht der Wirkungsgrad der Anlage stark zurück. Außerdem ist die Stromkonzentration im Werkstück selbst um so stärker, je näher der Heizleiter am Werkstück anliegt. Der Glühübertrager wird auf der Primär- und der Sekundärseite wassergekühlt. Primärseitig fließen Ströme von 100...700 A bei Spannungen zwischen 1000 V und 8000 V. Damit muß auch eine hohe Isolationsfestigkeit zwischen der Primär- und Sekundärseite des Übertragers vorhanden sein. Man erreicht dies am besten mit gießfähigen Kunstharzen mit Quarzbeimengungen. Diese Kunstharzmischung ist hier sehr gut geeignet, da sie nicht hygroskopisch ist und auch bei Wasserbenetzung ihre guten Eigenschaften nicht verliert, was bei der induktiven Oberflächenhärtung sehr wichtig ist (Bild 6).

Die zur Oberflächenhärtung notwendigen Energiedichten liegen in der Größenordnung von 1...2 kW/cm²; dieser Wert hängt aber von den Werkstückabmessungen und von der Art der Kühlung ab.

Zur Erzielung reiner Oberflächenhärtungen kann nur mit hohen Energiedichten gearbeitet werden. Die Erhitzungsgeschwindigkeiten liegen im ersten Augenblick der Erhitzung bei 10 000...12 000°/s und nehmen gegen Ende der Erhitzungsperiode ab. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Abkühlung. Es werden bedeutend höhere Abkühlungsgeschwindigkeiten erzielt als bei der nor-

malen Härtung, bei der die Werkstücke in ein Abschreckbad getaucht werden. Zur Verwirklichung dieser hohen Abschreckgeschwindigkeiten werden besonders ausgebildete Abschreckbrausen benötigt. Wie schon aus den Überlegungen über die elektrische Kopplung zwischen Heizleiter und Werkstück hervorgeht, muß der Abstand zwischen Heizleiter und Werkstück sehr genau eingehalten werden. Eine Abstandsänderung macht sich mit dem Quadrat der Änderungsgröße bemerkbar, so daß damit auch die Erhitzungstemperaturen schwanken und keine gleichmäßigen Ergebnisse erzielt werden. Das gilt nicht nur für lineare Heizleiter, sondern auch für Heizleiter mit Kreisform. Diese Einflüsse müssen bei der Konstruktion von Härtemaschinen berücksichtigt werden. Aus den angeführten elektrischen Bedingungen lassen sich für die Härtemaschinen folgende Forderungen ableiten:

1. möglichst weitgehende Automatisierung des Härtevorganges,
2. hohe Genauigkeit in den Beziehungen zwischen Heizleiter und Werkstück,
3. exakte Folge der einzelnen Arbeitsvorgänge, wie Erhitzung und Abkühlung,
4. leichte Bedienbarkeit, so daß die Maschinen als Serienproduktionsmaschinen von angelernten Leuten bedient werden können,
5. einfache Spannvorrichtungen bzw. Magazine zur Aufnahme der Werkzeuge, da die hohen Erhitzungsgeschwindigkeiten hohe Durchsatzmengen ergeben,
6. die Maschinen sollen nach Möglichkeit nur Einzweckmaschinen sein.

Die gesamten elektrischen Bedingungen wirken sich ebenfalls auf die Härtemaschinen aus, ganz abgesehen davon, daß es verschiedene Verfahren zur Oberflächenhärtung gibt. Wir unterscheiden dabei:

1. die Standerhitzung von Werkstücken, wobei das zu härtende Werkstück in eine Spule eingebracht und gleichzeitig auf seiner gesamten Oberfläche erhitzt wird. Anschließend wird das Werkstück aus der Spule in ein Abschreckbad ausgestoßen;
2. die Vorschubhärtung, wobei nur eine schmale Zone auf dem Werkstück erhitzt wird und man diese Zone kontinuierlich über das Werkstück wandern läßt. Die Abschreckung, die für die Härtung notwendig ist, wird hier mit Wasserbrausen durchgeführt, die in einem bestimmten Abstand vom Heizleiter stehen und gleichzeitig mit diesem relativ zur Werkstückoberfläche verschoben werden.

Für eine reine Oberflächenhärtung muß die Erhitzungszeit so kurz gewählt werden, daß die auftretende Wärmewelle nicht in das Innere des Werkstückes abwandert. Das bedeutet kurzzeitig hohe Energiemengen. Standerhitzung kommt also nur bei kleinen und möglichst rotationssymmetrischen Teilen in Frage, während bei größeren Teilen mit Vorschubhärtung gearbeitet wird. Aus diesen Bedingungen ergibt sich folgendes:

Rotationssymmetrische Körper läßt man oft während des Härtevorganges um ihre Achse rotieren. Dies ist zwar nicht eine unbedingte Forderung, jedoch wird damit die Herstellung der Heizleiter erleichtert, weil nicht auf allzu hohe Genauigkeit geachtet werden muß und sich dann während des Erhitzungsvorganges durch die Rotation Abstandsungleichmäßigkeiten zwischen Heizleiter und Werkstück bzw. kleine Achsenverschiebungen nicht auswirken. Weiter müssen die Maschinen genaue Einstellmöglichkeiten für den Heizleiter und Glühübertrager haben, ebenso eine Aufnahme mit Einstellung für die Wasserbrausen sowie eine Spritzwasserwanne, um das für die Härtung notwendige Abschreckwasser aufzunehmen und abzuführen.

Die Steuerung der Maschinen wird am einfachsten, wenn sie mechanisch vorgenommen wird, also durch

übliche Maschinenbauteile, wie sie im Werkzeugmaschinenbau gebräuchlich sind. Der Antrieb selbst erfolgt durch regelbare Elektromotoren. Man verwendet Gleichstrommotoren, die aus dem Wechselstromnetz über Regeltransformatoren und Gleichrichter gespeist werden. Es sind auch Steuerungen mit Leonardsätzen und Elektronenröhrenreglern mit bestem Erfolg versucht worden, jedoch sind diese Lösungen teuer und in der Wartung wesentlich komplizierter als Antriebe über Regeltransformatoren mit Trockengleichrichtern. Der Drehzahl-Regelbereich der Motoren ist 1:2 bis 1:3. Weitere Regelbereichsunterteilungen werden im allgemeinen mit mechanischen Stufengetrieben vorgenommen.

Die Vorschübe bei der Härtung liegen meist zwischen 10 und 50 mm/s. Man könnte auch bei einzelnen Maschinen, wenn z.B. nur rotationssymmetrische Bolzen zu härten sind, eine Handbedienung des Vorschubes

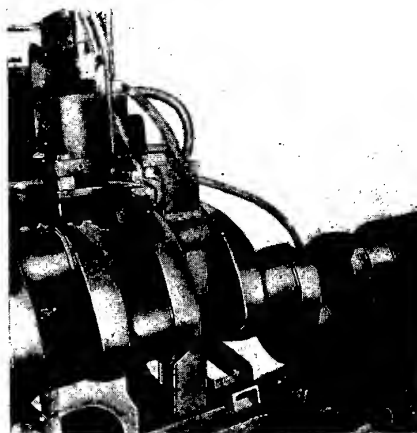


Bild 7 Induktive Kurbelwellenhärtung nach dem Brennlinienvorgang. Gesamtansicht

wählen. Handbetrieb führt aber immer zu einem erhöhten Ausschuß, so daß in der Fabrikation wie auch im Versuchsbetrieb nach Möglichkeit nicht davon Gebrauch gemacht werden soll.

Nach dem induktiven Oberflächenhärteverfahren läßt sich eine ganze Reihe von Bauteilen härten; einige Beispiele sollen im folgenden angeführt werden. Es sind dies rotationssymmetrische Teile, wie Bolzen und Wellen, ferner komplizierte Teile, wie Kurbelwellen, Nockenwellen, Zahnräder, Gewindespindeln und Zylinderlaufbüchsen. Neben dieser Auswahl gibt es noch eine ganze Reihe anderer Teile, die sich induktiv härten lassen. Es würde jedoch zu weit führen, im einzelnen darauf einzugehen. Es sollen einige besonders charakteristische Maschinen gezeigt werden, mit denen für die Induktionshärtung komplizierte Teile bearbeitet werden können.

Zuerst soll auf das Prinzip der Kurbelwellenhärtung näher eingegangen werden. Das amerikanische Tokko-Verfahren, wie es auch schon 1938 in Deutschland benutzt wurde, bedient sich der Standerhitzung, wobei jeder einzelne Kurbelwellenzapfen von einem teilbaren Heizleiter umschlossen wird. Mit diesem Heizleiter wird jede zu härtende Stelle der Kurbelwelle erhitzt. Dann wird durch den Heizleiter das Abschreckwasser auf den erhitzten Teil der Kurbelwelle gespritzt. Diese Anordnung hat den Nachteil, daß die teilbaren Spulen sehr bald zu Störungen Anlaß geben, weil die Kontaktflächen oxydieren und verschmutzen und ein einwandfreier Stromübergang nicht mehr gewährleistet ist. Es wurde ein Verfahren entwickelt, um diese Nachteile zu vermeiden, und zwar das HF-Brennlinienvorgang. Bild 7 zeigt den Aufbau eines Übertragers für die Brennlinienhärtung auf einem Kurbelwellenzapfen. Der Glühübertrager und Heizleiter sowie die Abschreckbrause sind fest

mit dem zu härtenden Kurbelwellenzapfen verbunden. Die Kurbelwelle selbst wird während des Erhitzungs- und Abschreckvorganges um 360° gedreht, wodurch dann der Heizleiter den Zapfen einmal überstreicht. Man erhält auf diese Weise eine durchlaufende Härteschicht. Allerdings tritt an einer Stelle ein Stoß in dieser Härteschicht auf, und zwar zwischen Anfang und Ende eines Umlaufes. Diese Stoßstelle in der Härteschicht stört in

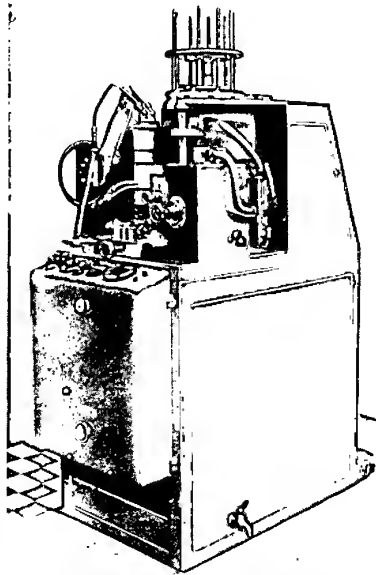


Bild 8 Induktive Oberflächenhärtung, Bolzenhärtemaschine, Durchsatz 240 St/h bei Bolzen 13 mm ϕ , 280 mm lang

keinem Fall, da sie außerordentlich schmal ist und auch nur einen geringen Härteabfall aufweist. Bild 8 zeigt eine Härtemaschine, die für die Härtung von zylindrischen Teilen von 13 mm ϕ bei einer Länge von 280 mm vorgesehen ist, wobei die Teile Abmessungen zwischen 10 und 20 mm ϕ und zwischen 150 und 350 mm Länge haben können. Die Länge der Härteschicht ist frei wählbar, auch der Anfang und das Ende der Härtezone, jedoch ist hierbei eine Unterbrechung der Härteschicht nicht möglich. Diese Maschine arbeitet ohne Rotation der Werkstücke, der stündliche Durchsatz beträgt 240 Teile bei einer Länge von 280 mm. Zur einfachen Bedienung werden die Werkstücke in ein Magazin gefüllt und laufen dann automatisch durch die Maschine. Der Vorschub erfolgt durch zwei Rollenpaare, zwischen denen der Heizleiter und die Abschreckbrause sowie die verstellbaren Fühlhebel für die Zu- und Abschaltung der Hochfrequenz liegen. Die Maschine selbst enthält eine Rückkühlanlage für das Abschreckwasser und die notwendigen Fernbedienungs- und Sicherheitseinrichtungen für den Hochfrequenzgenerator.

Als nächstes Beispiel soll eine Zahnradhärtemaschine gezeigt werden. Die Härtung von Zahnradern auf induk-

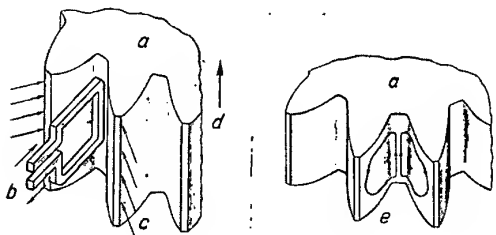


Bild 9 Induktive Zahnflächenhärtung

tivem Wege ist ein schwieriges Problem und soll daher zunächst etwas näher erläutert werden. Heute gibt es zwei Möglichkeiten, Zahnradern induktiv zu härten. Die eine ist die Allzahnhärtung, die zweite die Zahnflächenhärtung.

Bei der Allzahnhärtung wird der zu härtende Zahnkranz auf einmal erhitzt und dann insgesamt abgeschreckt. Man erhält dabei, abhängig vom Heizleiter, eine mehr oder weniger konturentreue Härteschicht. Wird als Heizleiter eine einfache Spule benutzt, die das ganze Zahnrad umschließt, so läßt man das Zahnrad rotieren, heizt auf und schreckt anschließend ab. Die zweite Möglichkeit ist, einen Übertrager zu verwenden, der als Sekundärwicklung direkt einen Heizleiter hat. Derartige Übertrager werden in der in- und ausländischen Literatur als Konzentrator bezeichnet. Man gibt einem solchen Konzentrator für die Allzahnhärtung eine Innenverzahnung, in die das zu härtende Zahnrad genau paßt. Zur Härtung legt man das Zahnrad in den Konzentrator ein, erhitzt kurze Zeit und stößt dann das Zahnrad durch eine Abschreckbrause in ein Abschreckbad aus. Die Lei-

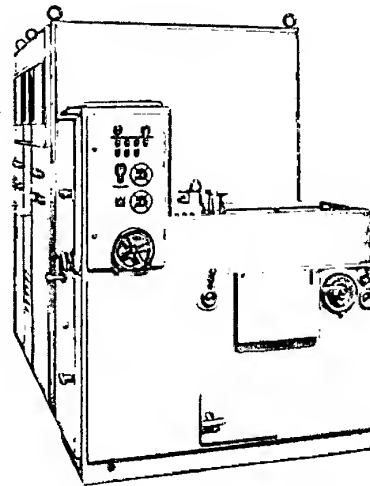


Bild 10 Zahnradhärtemaschine Typ 1031 zur Härtung von Zahnradern nach dem Zahnflächenverfahren. Modul 2—6

stungen, die hier für die Oberflächenhärtung erforderlich sind, sind vom Durchmesser des Zahnrades abhängig. Man rechnet im allgemeinen, wenn eine genaue konturentreue Härtung gewünscht wird, mit einer Leistung von 20 kW pro Zentimeter Teilkreisdurchmesser. Die Erhitzungszeiten werden außerordentlich kurz, nämlich 0,1...0,2 s. Der Durchsatz bei derartigen Anordnungen ist so groß, daß man in der Stunde etwa 3000 Zahnradern härten kann. Bei einem Zahnrad vom Modul 2 mit 128 mm Teilkreisdurchmesser und 10 mm Breite wird eine Generatorleistung von 250 kW erforderlich. Man sieht daraus, daß diese Anlagen große Leistungen benötigen, während sie stückzahlmäßig überhaupt nicht ausgenutzt werden können. Die Allzahnhärtung kommt daher heute nur noch für Zahnradern unter Modul 2 und bei kleineren Zahnradendurchmessern in Frage. Bei Zahnradern mit Modul 2 und darüber verwendet man die Zahnflächenhärtung, deren Prinzip in Bild 9 gezeigt ist. Schon während des Krieges ist an diesem Problem gearbeitet worden, und es wurden schon damals Maschinen hierfür entwickelt. Eine neuere Entwicklung einer derartigen Zahnradhärtemaschine zeigt Bild 10. Nach demselben Prinzip arbeitet man bei der Härtung von Gewindespindeln. In Bild 11 ist eine derartige Härtemaschine gezeigt. Bild 12 gibt einen Ausschnitt wieder, aus dem der Aufbau des Übertragers, des Heizleiters, des Werkstückes und der Abschreckbrause hervorgeht.

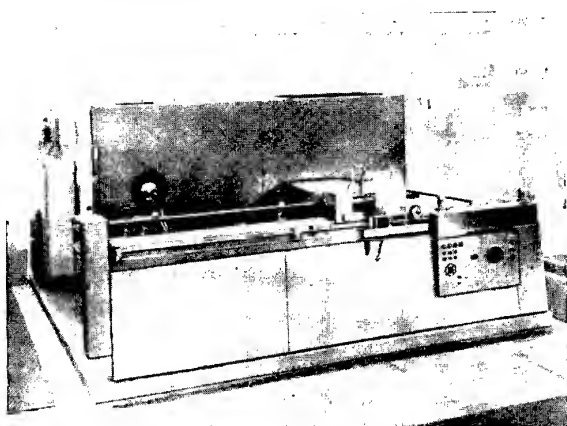


Bild 11 Induktions-Oberflächenhärteanlage, Härtemaschine für Leitspindeln HM 501/1, max. Spindellänge 2000 mm, Spindeldurchm. 80 mm max.

Zum Schluß seien noch einige Bemerkungen über die verwendbaren Stähle und die Wirtschaftlichkeit derartiger Anlagen gestattet. Als Stähle für die induktive Oberflächenhärtung kommen nur Kohlenstoffstähle in Frage, denn der zur Härtung notwendige Kohlenstoffanteil muß von vornherein in dem Stahl vorhanden sein, da eine Aufkohlung während des Härteprozesses nicht möglich ist. Die üblichen wasserhärtenden Vergütungsstähle sind ohne weiteres brauchbar. Diese Stähle sind auch in einem Werkstoffblatt des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute zusammengefaßt. Die besten Erfahrungen sind mit den Stählen C 45 und CK 45 sowie OCE-Stahl von Röchling erzielt worden. Die Stähle C 53 und C 60 sind rißempfindlich und müssen sofort nach der Härtung entspannt werden.

Die induktive Oberflächenhärtung ist im Energieverbrauch wirtschaftlicher als die Salzbad- oder Ofenhärtung. Die Einsparungen, die hier von der Energieseite aus gemacht werden, sind jedoch nicht das Wesentliche. Man muß beim Übergehen zur Induktionshärtung vor allem den Unterschied betrachten, der in der Fabrikation zwischen Einsatzhärtung und induktiver Oberflächenhärtung besteht. Induktive Oberflächenhärteanlagen

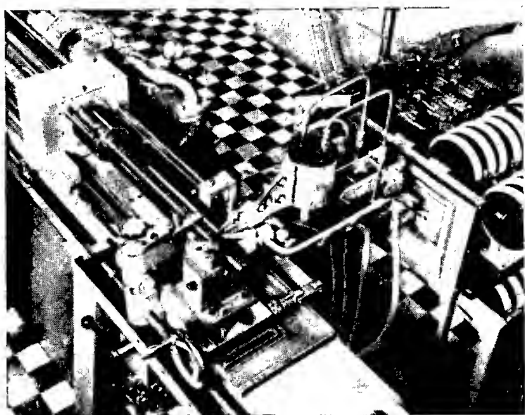


Bild 12 Induktions-Oberflächenhärteanlage, Glühübertrager und Spindelführung

können direkt in den Zug der Fabrikation eingefügt werden, so daß Transportkosten entfallen, ferner fällt das Einsetzen und der damit verbundene Zeit- und Unkostenaufwand weg. Der Ausschuß bei der induktiven Oberflächenhärtung ist außerordentlich klein und sehr viel geringer als bei der Einsatz- oder Salzbadhärtung. Es entsteht an sich nur Ausschuß bei falscher Bedienung der Anlage oder wenn falscher Stahl verwendet wird. Falls durch irgendwelche Umstände keine

Härtung erzielt wird, lassen sich die nicht gehärteten Stücke ohne schädliche Beeinflussung nochmals härten, so daß auch hierdurch der Ausschuß verringert wird.

Die Investitionskosten einer induktiven Oberflächenhärteanlage sind allerdings verhältnismäßig hoch. Bei kleineren Anlagen muß mit einem Preis für den Generator von etwa 2000 DM pro kW gerechnet werden, während bei größeren Leistungen der Preis je kW auf 800 DM zurückgeht. Die induktive Oberflächenhärtung lohnt sich nur dann, wenn größere Stückzahlen gleicher Teile vorliegen und wenn diese Teile für die induktive Behandlung geeignet sind. Die Kosteneinsparungen sind nach unseren Erfahrungen so groß, daß sich die Anlage in kurzer Zeit amortisiert und dadurch die hohen Investitionskosten ausgeglichen werden.

Aussprache

Herr E. Wesselhöft, Wilhelmshaven: Liegen Erfahrungen mit der HF-Härtung von ölhartenden Stählen vor?

Vortragender: Ölhartende Stähle lassen sich induktiv härten und mit Wasser abschrecken, wenn im Vergleich zum Werkstück die Härteschicht dünn ist. Bei großen Härteschichten wird mit Preßluft abgeschreckt bzw. in Öl getaucht, ein Abspritzen mit Öl kann wegen der Brennbarkeit von Öl nicht ausgeführt werden. Große Teile brauchen bei dünner Härteschicht u.U. nicht abgeschreckt zu werden, da der kalte Kern eine sehr starke Kühlwirkung hat.

Herr O. Wundram, Hamburg: Wie stellen sich die Betriebskosten der induktiven im Vergleich zur autogenen Oberflächenhärtung?

Vortragender: Die Anlagekosten sind bei der induktiven Oberflächenhärtung wohl bei der ersten Betrachtung höher als bei der Gasbrennhärtung; die Zusatzeinrichtungen für die Brennhärtung sind zu berücksichtigen, wie Gaskompressor und Sauerstoffherzeugungsanlagen. Sind diese Zusatzeinrichtungen notwendig, so sind kaum noch Preisunterschiede vorhanden.

Im Energiekostenaufwand sind beträchtliche Unterschiede zugunsten der Induktionserwärmung (etwa 1:5 bis 1:8) gegeben. Ferner muß noch die höhere Arbeitsgeschwindigkeit bei der Induktionserwärmung berücksichtigt werden.

Herr F. Stier, Karlsruhe: Welcher Regelantrieb eignet sich am besten? Verlangt werden kleine Leistungen (ca. 1 kW) und Regelbereiche 1:3. Verglichen mit der vom Vortragenden angeführten Regelung von Gleichstrommotoren durch Thyristoren und den Leonardumformern scheint der Drehstromnebenschlußmotor nicht schlecht abzuschneiden. Die an und für sich größere Schwungmasse der Drehstromkommutatormaschine scheint bei den sehr kleinen hier in Frage kommenden Leistungen nicht so hoch ins Gewicht zu fallen.

Vortragender: Drehstromkollektormotoren sind bisher noch nicht verwendet worden. Ein eigentlicher Grund, die Verwendung auszuschließen, besteht nicht; es sei denn, daß die Bremszeit zu lang wird.

Herr Hempel: Wie verhält sich aufgekohlter Stahl (70...90/100 C) bei der induktiven Härtung? Wird gleiche Härte erreicht und besteht Gefahr der Rißbildung?

Vortragender: Aufgekohlte Stähle lassen sich ohne Bedenken induktiv härten; das Verfahren wird vielfach angewandt. Rißbildung wurde bisher nicht beobachtet.

Herr H. Langkau, Frankfurt a.M.: Es wurde richtig bemerkt, daß für Induktionshärtung Frequenzen von 100 kHz aufwärts nötig sind; diese sollen ausschließlich durch Röhrengeneratoren erzeugt werden. Hierzu ist zu bemerken, daß auch verschiedentlich Blasfunkengeneratoren, welche keine Röhren zur Hochfrequenzerzeugung erfordern, geliefert wurden. Erfahrungen mit solchen HF-Generatoren sind interessant.

Vortragender: Blasfunken- und Löschfunken-sender sind für Frequenzen über 100 kHz durchaus geeignet, vor allem haben diese Sender einen einfachen Aufbau. Ihr Nachteil ist, daß sie keinen zeitlich definierten Einschaltzeitpunkt haben, da die Einschwingvorgänge des Speisetransformators nicht zu vernachlässigen sind, und bei kurzen Schaltzeiten die Leistung in ihrer Größe nicht konstant ist. Dies kann sich so auswirken, daß bei der induktiven Oberflächenhärtung, speziell von Zahnrädern, die Räder ungleichmäßig gehärtet werden bzw. zum Teil überhaupt nicht hart sind. Es sind hier Schaltzeiten in der Größenordnung von 0,5 bis 1,5 s die Regel.

Bei diesen kurzen Zeiten sind sehr oft die Einschwingvorgänge des Transformators noch nicht abgeklungen, so daß die Leistungsabgabe sehr schwankend ist. Für Glüh- und Schmelzvorgänge sind Blasfunken- wie auch Löschfunken-sender ohne weiteres brauchbar, jedoch wird das neue Störschutzgesetz ab 1.1.53 die Verwendung von Blasfunken- und Löschfunken-sendern unterbinden, da die auftretenden Funkstörungen zu hoch sind. Der Aufwand an Störschutzmitteln wird voraussichtlich einen solchen Umfang haben, daß die Anlagen gegenüber den sicher arbeitenden Röhrengeneratoren nicht mehr wirtschaftlich vertretbar sind.

Anwendungen elektrischer Energie hoher Stromstärken in Elektrotthermie und Elektrochemie

Von F. Walter

Auf dem Gebiet der Elektrochemie und Elektrotthermie wird der elektrische Strom dazu verwendet, um Stoffe zu erhitzen und chemische Prozesse durchzuführen. Durch die Wärme werden die molekularen Bindungen der Stoffe gelockert und gespalten, so daß stets neue chemische Verbindungen in den aufgeheizten Stoffen ermöglicht werden. Bei sehr vielen chemischen Prozessen dient der elektrische Strom nur als Wärmequelle, und die chemischen Vorgänge werden durch die Wärmewirkungen unterstützt und intensiviert.

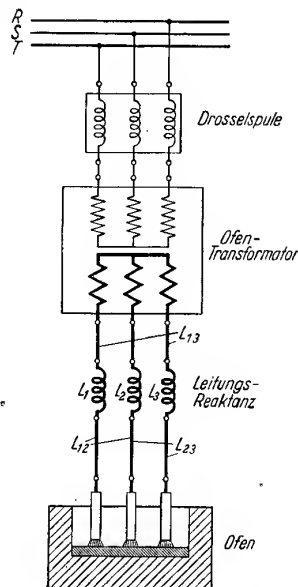


Bild 1 Grundsätzlicher Aufbau eines Lichtbogen-Drehstromofens

In der Elektrostahlerzeugung werden Schlackenreaktionen hauptsächlich im Lichtbogenofen durchgeführt, der die notwendige Wärmemenge den Reaktionspartnern liefert und sie reaktionsfähig macht. Zur Herstellung von Buna werden Reduktionsöfen verwendet, in denen das Ausgangsprodukt Kalziumkarbid aus Kalk und Kohle gewonnen wird.

Die durch den elektrischen Strom erzeugte Wärmemenge läßt sich leicht regeln und den Bedürfnissen der chemischen Reaktion und der Stoffeheizung anpassen, so daß die chemischen und metallurgischen Prozesse mit den geringsten Wärmeverlusten durchgeführt werden können. Auf die mannigfaltigen chemischen Prozesse, die sich der Elektrowärme bedienen, und auf die qualitätsverbessernde Rolle, die die Elektrotthermie in der Wirtschaft zur Erzeugung von Metallen und Nichtmetallen spielt, braucht nicht näher eingegangen zu werden, da ja weniger die Verwendung der elektrischen Energie in der Elektro-

chemie als vielmehr die Gesichtspunkte behandelt werden sollen, die für die Übertragung elektrischer Energie großer Stromstärken von Bedeutung sind.

In der Stahlindustrie können die Lichtbogenöfen nicht mehr entbehrt werden, da Werkzeugstähle mit einem Schwefel- und einem Phosphorgehalt von unter 0,025 % sowie rostfreier Stahl und hitzebeständige Legierungen nur in diesen Öfen herstellbar sind. Die metallischen Stoffe werden in den elektrischen Öfen mit einer Genauigkeit in der Zusammensetzung, wie sie in einem mit Gas beheizten Ofen niemals erreichbar ist, gewonnen.

Nach dem heutigen Stand der Technik ist man in der Lage, elektrisch und metallurgisch in jeder Hinsicht zuverlässig arbeitende Lichtbogenöfen mit Fassungsvermögen von 100 t Stahl, mit installierten Leistungen von 20 000 bis 25 000 kVA mit drei Elektroden zu bauen. Der Bau noch größerer Einheiten mit 6 Elektroden ist weniger ein elektrisches als ein keramisches Problem. Bei den Reduktionsöfen für Karbid liegen die Leistungen bei rund 50 000 kVA und jährlichen Energieverbrauchsfiguren oberhalb von 100 Millionen Kilowattstunden pro Jahr und Ofen. Eisenlose Induktions-Mittelfrequenzöfen können als normal kippbare Tiegelöfen bis 15 t Fassung gebaut werden.

Von den Öfen, die in hohem Grad elektrische Energien umsetzen, sollen nur die Lichtbogen- und Reduktionsöfen behandelt werden, da die Induktions- und Widerstandsöfen nur mit geringeren elektrischen Energien ausgerüstet werden und weniger hohe Stromstärken gebrauchen, als sie in direkten und indirekten Lichtbogenöfen verwendet werden.

Der grundsätzliche Aufbau des Lichtbogenofens für den einfachen Drehstrombetrieb ist im Bild 1 veranschaulicht. Ein Ofen-Transformator formt die hohe Spannung des Drehstromnetzes auf die zweckmäßigste Spannung für die Lichtbögen um. Zwischen Netz und Ofen-Transformator ist noch eine Drosselspule eingeschaltet, um die Stromstöße zu begrenzen, die z. B. beim Einschmelzen von kaltem und minderwertigem Schrott zu erwarten sind. Die Drosselspule wird während der Raffinationsperiode ausgeschaltet, da bei diesem Arbeitsprozeß die Ofentemperaturen ausgeglichen und hoch sind, so daß die den Ofenbetrieb störenden Stromstöße nicht mehr zu befürchten sind. Das sekundäre Leitungssystem, die Stromleitung von der Transformatorenklemme zu den Lichtbögen, ist durch die Größen der Eigeninduktivitäten L_1 , L_2 und L_3 charakterisiert. Die sekundären Stromleitungen sind für Stromstärken bis zu rund 100 000 A bemessen. Die Erwärmung dieser Leitungen und die induktiven Widerstände müssen beim Aufbau einer Anlage berücksichtigt werden. Die Bemessung dieser Stromträger, ihre Ausdehnung und die zweckmäßigen Verschachtelungen der einzelnen Phasenleitungen sind maßgebende Faktoren, die beim Bau einer Ofenanlage beachtet werden müssen.

Die Form und die räumliche Ausdehnung bestimmt die Gleichmäßigkeit der Stromverteilung. Ungleichmäßige Strombelastungen in der Zuleitung sind zu vermeiden; da hierdurch leicht Überhitzungen auftreten, die die Betriebssicherheit beeinträchtigen. Bei ungleichmäßiger Strombelastung werden die Stromträger nicht voll ausgenutzt. Manche Stellen eines Leiters werden nur wenig oder gar nicht belastet, was vom Gesichtspunkt der Werkstoffersparnis abzulehnen ist. Andere Stellen wiederum werden zu stark beansprucht, so daß die Stromträger mit der Zeit verzundern und sich verbrauchen. Die ungleichmäßige Stromverteilung in einem Leiter, der von einem Wechselstrom durchflossen ist, ist auf die von der Frequenz abhängige Absorption der elektromagnetischen Wellen im Metall zurückzuführen. Die elektrische Strömung in einem elektrischen Leiter ist ein Wellenvorgang, der in besonderen Fällen genau verfolgt werden kann. Bei der Leitungsdimensionierung ist besonders auf eine Gleichmäßigkeit des magnetischen Feldes und der Stromverteilung im Leiter Wert zu legen. Wenn man einen ausgedehnten Leiter betrachtet und Schienen annimmt, die eine bestimmte Höhe und eine bestimmte Dicke d haben, also eine bestimmte Stromstärke einem bestimmten Verbraucher zuzuführen haben, so läßt sich durch theoretische Untersuchungen die zweckmäßige Leiterdicke, bei der eine gleichmäßige Stromverteilung erreicht wird, mit großer Genauigkeit aus dem Wellenvorgang berechnen. Der Wechselstromwiderstand ist:

$$R_w = R_0 \cdot \frac{\beta d}{2} \cdot \frac{\sin \beta d + \sin \beta d}{\cos \beta d - \cos \beta d}$$

R_0 bedeutet den Gleichstromwiderstand des Leiters, der aus der Länge, dem Querschnitt und der elektrischen Leitfähigkeit der vorgegebenen Leiterschienen bestimmt wird.

R_w ist der Wechselstromwiderstand, der aus den geometrischen Dimensionen der Schienen und insbesondere aus der Leiterstärke d und dem Wert von β bestimmt wird¹⁾.

Der Wechselstromwiderstand ist nach der Gleichung eine Funktion des elektrischen Dämpfungsmaßes $\beta \cdot d$ im Stromleiter. Das Dämpfungsmaß ist das Verhältnis der Leiterstärke zur Eindringtiefe. Der Widerstand ändert sich mit der Schienenstärke bzw. -dicke²⁾ ³⁾.

Auch der Wechselstromwiderstand nimmt anfänglich im umgekehrten Verhältnis mit der Dicke ab und geht dann mit kleineren Schwankungen zum Grenzwert über. Es gibt einen günstigsten Widerstand bei einer ganz bestimmten Leiterstärke. Wird die Leiterstärke über die dem günstigsten Widerstand entsprechende Dicke hinaus vergrößert, so nimmt der Wechselstromwiderstand sogar noch etwas zu. Den günstigsten Wechselstromwiderstand erhält man bei einer Schienenstärke, die gleich dem vierten Teil der Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung in dem metallischen Körper ist (Bild 2⁴⁾).

Bei der vorstehend angegebenen Bestimmung der zweckmäßigen Leiterdicke ist angenommen, daß die Rückleitung der Ströme der betrachteten Schienen den Zuleitungsschienen in der Längsrichtung gegenübergestellt ist. Anders liegen die Verhältnisse bei einem Einzelleiter, dessen Nachbarleiter als in unendlicher Entfernung liegend gedacht werden kann. Hier kommt der Skineffekt zu doppelter Auswirkung, weshalb der Wert für die günstigste Stärkenabmessung der Kupferschienen ebenfalls verdoppelt werden muß, um den geringsten Widerstand und die geringste Erwärmung in den Leitern zu erzielen.

1) F. Walter: „Über die elektrische Wellenausbreitung in Metallen“, Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens Konzern 1929.

2) F. Walter: „Zur Theorie der elektrischen Heizung“, Archiv für Elektrotechnik 1930.

3) F. Walter: „Über die günstigste Leiterstärke oder -dicke von Spulen und Einzelleitern“, ETZ 1932.

Im Bild 3 ist das Verhältnis des Wechselstromwiderstandes zum Gleichstromwiderstand in Abhängigkeit von dem Dämpfungsmaß dargestellt. Aus der Kurve geht hervor, bis zu welcher Schienenstärke man eine gleichmäßige Stromverteilung hat. Die Kurve zeigt, daß bis zum Dämpfungsmaß 1 nahezu konstante Widerstandsverhältnisse vorliegen; das bedeutet, daß in diesem Bereich die Stromverteilung gleichmäßig und konstant ist.

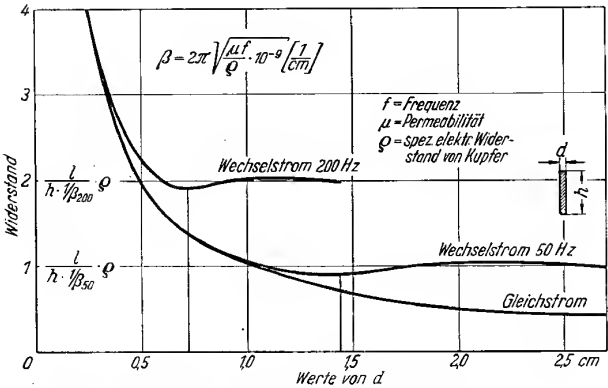


Bild 2 Wechselstrom- und Gleichstromwiderstand eines bandförmigen Leiters in Abhängigkeit von der Bandstärke d .

Ist das Dämpfungsmaß 1, dann errechnet sich hieraus in einfacher Weise die Schienendicke, die dem Dämpfungsmaß 1 entspricht, und zwar ist die Schienendicke gleich der Eindringtiefe $\frac{1}{\beta}$ für diesen Fall. Da die Eindringtiefe für Kupfer bei Verwendung von 50periodigem Wechselstrom etwa 9,6 mm beträgt (abhängig von dem elektrischen Leitvermögen), so ist damit auch die für eine Gleichmäßigkeit in der Stromverteilung notwendige höchste Schienenstärke für die Praxis bestimmt.

In der Praxis verwendet man Schienen aus Kupfer von 10 mm Dicke oder Aluminium von 13 mm Dicke, bei denen eine spezifisch konstante Stromdichte angenommen werden kann.

Nun kommt es oft vor, daß der Strom durch mehrere parallel geschaltete Schienen geleitet wird. Auch für diese Schienenanordnung gelten die für einen Einzelleiter bereits aufgestellten Forderungen. Ein Einzelleiter, der

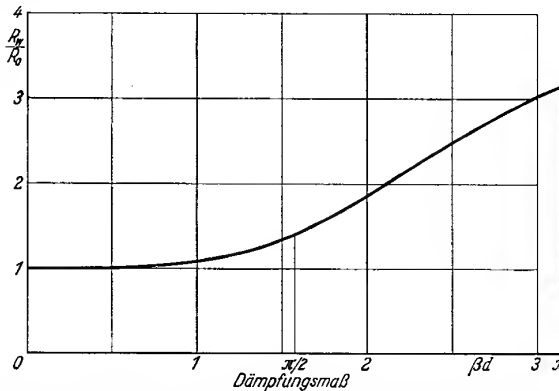


Bild 3 Verhältnis des Wechselstromwiderstandes zum Gleichstrom eines bandförmigen Leiters bei verschiedenem Dämpfungsmaß. Dämpfungsmaß βd ist gleich dem Verhältnis der Bandstärke d zur Eindringtiefe $1/\beta$.

nur einen Teil eines in der Anlage stromführenden, zusammengesetzten Leiters darstellt, ist nicht als selbständiger Leiter aufzufassen. Die Gesamtdicke des Leiterschienenbündels darf den Höchstwert von 1,5 cm bei Kupfer und etwa 2 cm bei Aluminium nicht überschreiten, wenn die Stromhin- und -rückleitungen nebeneinander angeordnet sind.

Bei der Übertragung von Wechselstrom auf die Lichtbögen eines Ofens spielt aber nicht nur der ohmsche Verlustwiderstand in den Zuleitungen eine Rolle. Auch die induktiven Spannungsabfälle, die in den Übertragungsleitungen wirksam sind, vermindern den Strom und verringern damit die Leistungsumsetzung. Diese induktiven Spannungsabfälle sind durch die Ausbildung magnetischer Kraftfelder um die elektrischen Leiter bedingt. Die magnetische Energie dieser Leiter muß von der treibenden Spannung des Ofentransformators aufgebracht werden, so daß die Energieumsetzung hierdurch beeinflusst wird.

Um die Leitungsführung zu vereinfachen und die Selbstinduktion doch sehr gering zu halten, wurden die Ströme, die den Elektroden zugeführt werden, in einem Leitungssystem derart geführt, daß die magnetischen Kraftfelder in sehr kleinen Lufträumen zwischen den Stromträgern eingengt werden. Durch hochkantiges Übereinanderlegen der Stromträger jeder einzelnen Phase und Gegenüberstellen der Phasenleitungen läßt sich diese Forderung leicht erfüllen und gleichzeitig eine gleichmäßige Belastung der Stromleiter erreichen. Bei dieser Leitungsanordnung werden unterschiedliche Überhitzungen in den einzelnen Stromträgern vermieden und ungleichmäßige Wärmebildung in der gesamten Zuleitung verhindert. Das magnetische Kraftfeld wird entsprechend der Kraftlinienverlängerung vermindert und gleichzeitig homogenisiert, wodurch eine Verminderung der Selbstinduktion erreicht wird.

Bei neuzeitlichen Anlagen sind die Leitungsverluste durch die gleichmäßige Belastung der Stromträger wesentlich herabgesetzt. Auch die induktiven Spannungen haben nicht mehr die Bedeutung, die sie früher bei der Leistungsumsetzung hatten. Es ist bei großen Ofenanlagen immer möglich, den Induktionskoeffizienten der Zuleitung gering zu halten. Die Induktivität bei früheren Anlagen betrug 10 000 bis 20 000 cm. Heute werden Werte von etwa 1000 bis 3000 cm gemessen.

Obwohl die mittlere Belastung der Stromträger in letzter Zeit erhöht worden ist und dadurch Leitermaterial eingespart wurde, sind die Erwärmung der Leiterteile und der Wärmeverlust nicht größer als bei früheren Anlagen. Da jetzt eine gleichmäßige Temperatur für alle Leiterteile erreicht wird und Überhitzungen vermieden werden, erzielt man heute eine zweckmäßigere und vor allem gleichmäßigere Ausnutzung des Leitermaterials für den Stromfluß.

Die Gesetze der Energieumsetzung in den Drehstromkreisen eines Lichtbogenofens

Aus Bild 1, dem Prinzipschaltbild einer Lichtbogenofenanlage, geht auch die Verkoppelung der Drehstromkreise hervor. Im Gleichungssystem für den Stromfluß müssen auch der Anteil der Verkoppelung der Energien beachtet und die wechselseitigen Energien durch besondere Werte gekennzeichnet sein. Die Spannungen e_1, e_2, e_3 des Transformators gegen den Nullpunkt, der elektrisch durch das Potential des metallischen Flüssigkeitsbades dargestellt werden muß, lassen sich aus den elektrischen Widerständen und den Ofenströmen nach den Gleichungen (1) bis (3) berechnen. Es ist

$$e_1 = (r_1 + R_1 + j \omega L_1) J_1 + j \omega L_{12} J_2 + j \omega L_{13} J_3, \quad (1)$$

$$e_2 = (r_2 + R_2 + j \omega L_2) J_2 + j \omega L_{21} J_1 + j \omega L_{23} J_3, \quad (2)$$

$$e_3 = (r_3 + R_3 + j \omega L_3) J_3 + j \omega L_{31} J_1 + j \omega L_{32} J_2, \quad (3)$$

wo r_1, r_2, r_3 die ohmschen Verlustwiderstände der 3 Stromkreise,

R_1, R_2, R_3 die Lichtbogenwiderstände,

L_1, L_2, L_3 die Selbstinduktion der 3 Leitungen und

$L_{12}, L_{13}, L_{21}, L_{23}, L_{31}, L_{32}$ die gegenseitige oder wechselseitige Induktion der Drehstromleitungen sind.

In der Praxis gelten meistens folgende Beziehungen zwischen den Induktivitäten

$$L_{12} = L_{21} = L_{32} = L_{23} = M,$$

$$L_{13} = L_{31} = N,$$

so daß das Gleichungssystem die Form annimmt:

$$e_1 = [(r_1 + R_1) + j \omega (L_1 - N)] J_1 + j \omega (M - N) J_2, \quad (4)$$

$$e_2 = [(r_2 + R_2) + j \omega (L_2 - M)] J_2, \quad (5)$$

$$e_3 = [(r_3 + R_3) + j \omega (L_3 - N)] J_3 + j \omega (M - N) J_2. \quad (6)$$

Die wechselseitige Energie ist für die Phasenleitung I: $\omega (M - N) J_2 J_1$ und für die Phasenleitung III: $\omega (M - N) J_2 J_3$.

Je nach der Phasenlage von J_2 zu J_1 oder von J_2 zu J_3 werden in den beiden äußeren Phasenleitungen I und III sehr unterschiedliche wechselseitige Energien umgesetzt. Ist J_2 gegenüber J_1 nacheilend, also J_2 gegenüber J_3 voreilend, dann wird der Phasenleitung I Energie entzogen (tote Phase) und der Phasenleitung III (scharfe Phase) zugeführt).

Die zahlenmäßige Erfassung der wechselseitigen Energien zeigt, daß die Phasenlage des Stromes J_2 zu J_1 bzw. zu J_3 maßgebend für den Wert der reellen und imaginären Komponente der übertragenen wechselseitigen Leistungen ist. Durch die wechselseitige Energie zweier Phasenleitungen wird sowohl der Wirkwiderstand als auch der induktive Widerstand einer Stromleitung geändert. Da man die Ströme in einem Drehstromnetz ähnlich wie die aufgeprägten elektromotorischen Kräfte in Annäherung um 120° in der Phasenlage gegeneinander verschoben betrachten kann, so kann der Wert des Wechselstromwiderstandes, hervorgerufen durch die Übertragung wechselseitiger Energien, bei der toten Phase mit

$$\omega (M - N) \frac{\sqrt{3}}{2} - j \frac{\omega (M - N)}{2},$$

bei der scharfen Phase mit

$$- \omega (M - N) \frac{\sqrt{3}}{2} - j \frac{\omega (M - N)}{2}$$

angegeben werden. Die Widerstände der 3 Drehstromkreise lassen sich demnach durch das Gleichungssystem

$$Z_1 = (r_1 + R_2) + \omega (M - N) \frac{\sqrt{3}}{2} + j \omega \left(L_1 - \frac{M + N}{2} \right), \quad (7)$$

$$Z_2 = (r_2 + R_2) + j \omega (L_2 - M), \quad (8)$$

$$Z_3 = (r_3 + R_3) - \omega (M - N) \frac{\sqrt{3}}{2} + j \omega \left(L_3 - \frac{M + N}{2} \right) \quad (9)$$

darstellen.

Die Widerstände der beiden äußeren Phasenleitungen unterscheiden sich hauptsächlich in ihren effektiven Wirkwiderständen. Der effektive Wirkwiderstand ist bei der toten Phase größer als in der scharfen Phase. Die Widerstände der drei Drehstromleitungen sind demnach in Ofenanlagen verschieden voneinander und werden durch den geometrischen Aufbau der Hochstromleitungen bestimmt. Der gegenseitige Abstand der Leitungen beeinflusst hauptsächlich den induktiven Widerstand, während der Querschnitt und die Länge der Phasenleitungen die Verlustwiderstände festlegen. Bei einer vorgegebenen Konstruktion einer Lichtbogenofenanlage liegen stets alle konstanten Widerstandswerte für den Stromfluß fest, während nur der Lichtbogenwiderstand R im Betrieb eingestellt werden muß.

In der Phase I wird nach unseren Gleichungen der Verlustwiderstand um den Faktor $\omega (M - N) \frac{\sqrt{3}}{2}$ vergrößert, während er in Phase III um diesen Faktor vermindert wird. Die Phase I bezeichnet man als die „tote Phase“, während die Phase III als die „scharfe Phase“ gekennzeichnet wird. Wird die Phasendrehung des Drehstromnetzes im umgekehrten Sinne verwirklicht, dann vertauschen die tote und scharfe Phase ihre Rollen. Durch

4) P. Walter: „Über die wechselseitige Energieübertragung in Drehstromkreisen“. Frequenz 1948.

die induktive Verkoppelung des Leitungsnetzes werden in ganz eindeutig bestimmten Richtungen, die mit den Phasendrehungen des Drehstromnetzes analog gehen, wechselseitige Energien übertragen, die in den einzelnen Phasenleitungen ganz unterschiedliche Wirkungen hervorrufen.

Untersuchungen einer Lichtbogenofenanlage

An einem praktischen Beispiel sollen die Widerstände der Heizstromkreise einer Ofenanlage bestimmt und die Grenzen festgelegt werden, in denen Energieumsetzungen in den Lichtbögen ermöglicht werden. Untersucht wurde eine ältere Ofenanlage mit einem Fassungsvermögen von 12 t und einem Ofentransformator von 4500 kVA. Die verkettete sekundäre Klemmenspannung betrug 90 bis 220 V. Die niedrigste Phasenspannung errechnet sich hieraus zu $\frac{90}{\sqrt{3}} = \text{etwa } 52 \text{ V}$. An der Dreiphasenleitung zu den Elektroden war eine Spannung von etwa 52 V angelegt. Die physikalischen Konstanten wurden bei Kurzschlußmessungen festgestellt, die gegenüber den Betriebsmessungen den Vorteil der Konstanz von Strom und Spannungswerten haben, wodurch ungenaue Ablesungen vermieden werden. Die ohmschen und induktiven Widerstände wurden aus Ablesungen eingeschalteter Strom-, Spannungs- und Wattmesser in jeder Phasenleitung ermittelt. Die Spannung wurde von Transformator клемме gegen Bad oder Wanne gemessen, während der Strom über die in jeder Phase eingeschalteten Stromwandler abgelesen wurde. Diese Wattmeter wurden vorher auf Phasenfehler geprüft; sie zeigten sehr geringe Abweichungen bei kleinem $\cos \varphi_m$, also bei höheren induktiven Widerständen. Den Messungen konnte man deshalb Vertrauen schenken und die Meßwerte anerkennen. Eine Kurzschlußmessung aller drei Elektroden ergab bei einer verketteten Klemmenspannung von 104 Volt folgende Werte:

Tabelle 1

Phase	Spannung Trafo- klemme geg. Bad bzw. Wanne V	Lichtbogen- stromstärke A	gemessene Leistung		Verlust- widerstand r Ohm
			kVA	kW	
1	47	21 600	1030	318	$0,676 \cdot 10^{-3}$
2	49	25 400	1243	702	$1,09 \cdot 10^{-3}$
3	51	21 000	1070	658	$1,49 \cdot 10^{-3}$

Verkettete Klemmenspannung 104 Volt.

Wie man aus der Tabelle feststellen kann, unterscheiden sich die Verlustwerte in Phase 1 und 3 sehr stark voneinander. Dies ist darauf zurückzuführen, daß durch die gegenseitige magnetische Verkoppelung der drei Stromkreise von der mittleren Phase Energie auf die Phase 1 und von der Phase 3 Energie auf die Phase 2 übertragen wird. Im ersteren Falle wird der Verlustwiderstand der Phasenleitung 1 um den angenäherten Betrag

$$\omega (L_{12} - L_{13}) \frac{\sqrt{3}}{2}$$

[vergl. Gleichung (9)] vermindert, im letzteren Fall um diesen Betrag vermehrt. Der gemessene Widerstand der Phasenleitung I ist

$$r_1 - \omega (L_{12} - L_{13}) \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,676 \cdot 10^{-3} \text{ Ohm (scharfe Phase).}$$

Der Widerstand der Phasenleitung III ist

$$r_3 + \omega (L_{12} - L_{13}) \frac{\sqrt{3}}{2} = 1,49 \cdot 10^{-3} \text{ Ohm (tote Phase).}$$

Hieraus folgt, daß

$$r_1 + r_3 = 2,166 \cdot 10^{-3} \text{ Ohm}$$

ist und

$$\omega (L_{12} - L_{13}) = \omega (M - N) = 0,48 \cdot 10^{-3} \text{ Ohm.}$$

Die Verlustwiderstände der Phasenleitung I und III können auch aus Schleifenmessungen bestimmt werden, wobei dann eine Elektrode hochgezogen wird. In Tabelle 2 sind die Meßwerte von 3 Schleifen enthalten.

Tabelle 2

Phase	Spannung Trafo- klemme gegen Bad bzw. Wanne Volt	Lichtbogen- stromstärke Amp.	gemessene Leistung		$\cos \varphi$	r Ohm	ωL Ohm
			kVA	kW			
1	43	16 400	705	294	0,417	$1,09 \cdot 10^{-3}$	$2,38 \cdot 10^{-3}$
2	89						
3	44,2	16 600	735	314	0,428	$1,14 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$
1	89,5						
2	40,5	20 900	848	422	0,498	$0,97 \cdot 10^{-3}$	$1,68 \cdot 10^{-3}$
3	44,2	20 600	912	420	0,460	$0,99 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$
1	43,5	20 200	580	409	0,464	$1,00 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$
2	41	20 500	845	415	0,490	$0,98 \cdot 10^{-3}$	$1,74 \cdot 10^{-3}$
3	88						

Die aus den Meßwerten errechneten Verlustwiderstände r sowie Blindwiderstände ωL sind in der Tabelle auch enthalten. Aus der Tabelle geht hervor, daß die gemessenen Verlustwiderstände der Phasenleitung 1 und 3 sich nur wenig voneinander unterscheiden. Im Mittel ist

$$r_1 = r_3 = 1,08 \cdot 10^{-3} \text{ Ohm,}$$

$$r_2 = 1,09 \cdot 10^{-3} \text{ Ohm.}$$

Andere Messungen bei geringeren Spannungen ergaben die gleichen Widerstandswerte. Auch die induktiven Widerstände der einzelnen Phasenleitungen lassen sich aus den Tabellen 1 und 2 entnehmen. Für die mittlere Phase ist im Mittel der induktive Widerstand $= 1,68 \cdot 10^{-3}$ Ohm. Bei den äußeren Phasenleitungen ist der induktive Widerstand nach Tabelle 2 abhängig von der Art der Schleifenbildung. Wird eine Schleife nur von den beiden äußeren Leitungen gebildet, dann ist der induktive Widerstand größer als bei einer Schleife, an der die mittlere Phase beteiligt ist. Der Grund liegt in den unterschiedlichen Werten der Abstände der Leitungen, die auch maßgebend sind für die gegenseitigen Induktionen. Bei einer Schleifenmessung der Phasenleitungen I und III ist der gemessene induktive Widerstand für die Phase I

$$\omega (L_1 - L_{13}) = 2,38 \cdot 10^{-3} \text{ Ohm.}$$

Der wirksame induktive Widerstand für diese Phasenleitung im Betrieb mit Dreiphasenstrom ist jedoch nach unseren theoretischen Ableitungen

$$\omega \left(L_1 - \frac{L_{12} + L_{13}}{2} \right).$$

Dieser Wert ist

$$\begin{aligned} &= \omega (L_1 - L_{13}) - \frac{1}{2} \omega (L_{12} - L_{13}) \\ &= (2,38 \cdot 10^{-3}) - \frac{1}{2} (2,38 \cdot 10^{-3} - 1,9 \cdot 10^{-3}) \\ &= (2,38 \cdot 10^{-3}) - \frac{1}{2} (0,48 \cdot 10^{-3}) \\ &= (2,38 - 0,24) \cdot 10^{-3} \text{ Ohm} \\ &= 2,14 \cdot 10^{-3} \text{ Ohm.} \end{aligned}$$

In der Schleifenmessung der Phase I und II ist der gemessene Widerstand von $\omega L =$

$$\begin{aligned} \omega (L_1 - L_{12}) &= 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ Ohm und} \\ \omega \left(L_1 - \frac{L_{12} + L_{13}}{2} \right) &= \omega (L_1 - L_{12}) + \frac{1}{2} \omega (L_{12} - L_{13}) \\ &= (1,9 + 0,24) \cdot 10^{-3} \text{ Ohm} \\ &= 2,14 \cdot 10^{-3} \text{ Ohm.} \end{aligned}$$

Nachdem jetzt die Daten für die Widerstände der Stromkreise des zu betrachtenden Ofens bestimmt sind, können in Abhängigkeit einer aufgeprägten Spannung und der

einstellbaren Lichtbogenströme, Lichtbogenleistung, $\cos \varphi$ und Wirkungsgrad angegeben werden; auch lassen sich die Grenzen angeben, bei denen die maximale Lichtbogenenergie erhalten wird. Die maximale Lichtbogenleistung wird umgesetzt, wenn der Lichtbogenwiderstand R gleich dem Kurzschlußwiderstand der sekundären Stromleistung ist

$$R_m = \sqrt{r^2 + (\omega L)^2} = Z_k.$$

Der Phasenwinkel, der der maximalen Energieumsetzung entspricht, ist gleich dem halben Winkel, der bei Kurzschluß erhalten wird.

$$\varphi_m = \frac{\varphi_k}{2}.$$

(Index m bezeichnet die elektrischen Vorgänge bei maximaler Lichtbogen-Leistungsumsetzung; Index k bezieht sich auf Kurzschlußvorgänge.)

$$J_k = 2 J_m \cdot \cos \varphi_m,$$

$$Z_m = 2 Z_k \cdot \cos \varphi_m,$$

$$\cos \varphi_m = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{1 + \frac{r}{\sqrt{r^2 + (\omega L)^2}}}.$$

Bei einer Phasenspannung von 50 Volt (Spannung Trafoklemme gegen Bad) werden die Werte der Tabelle 3 erhalten:

Tabelle 3

Phase	Z_k Ohm	Z_m Ohm	$\cos \varphi_m$	I_m	max. Licht- bogen- leistung	Licht- bogen- spannung
I	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	0,80	13 500	422 kW	31,2 V
II	$2 \cdot 10^{-3}$	$3,53 \cdot 10^{-3}$	0,88	14 200	403 kW	28,4 V
III	$2,61 \cdot 10^{-3}$	$4,62 \cdot 10^{-3}$	0,885	11 200	315 kW	28,2 V

Die Lichtbogenströme dürfen bei einer Phasenspannung von 50 Volt nur bis zu den in der Tabelle angegebenen Werten gesteigert werden, wenn die Wärmeerzeugung nicht verringert werden soll.

Aus der praktischen Untersuchung des Stromkreises einer Ofenanlage geht zahlenmäßig hervor, daß die elektrische Energie in den drei Drehstromkreisen ungleichmäßig umgesetzt wird. Die ungleichmäßige Energieumsetzung ist um so stärker, je größer die Ofenanlage, d. h. je größer die zugeführte Energie ist. Die Ungleichmäßigkeit der Energiezuführung ist auf die ungleichmäßige induktive Beeinflussung der sekundären Stromkreise zurückzuführen. In der toten Phase wird durch die erhöhte Energieabgabe an die Nachbarleitungen die Wärmeerzeugung verringert, in der scharfen oder wilden Phase durch die Leitungsführung zusätzlich übertragene Energie vermehrt.

Im Betrieb der Ofen macht sich bei nicht guter Ausbildung der Leitungsführung die tote oder scharfe Phase sehr störend bemerkbar. Wird doch durch die ungleichmäßige Wärmeerzeugung die Behandlung des Schmelz- und Reduktionsgutes verändert und damit erschwert und meist auch die Zustellung einem einseitigen Verschleiß unterworfen.

Das einfachste Mittel, ungleichmäßige Kopplungen in Drehstromkreisen zu beseitigen und gleichmäßige Belastungen zu erhalten, ist die Gleichgestaltung der wechselseitigen Induktionen aller drei Stromkreise und notfalls die Einführung einer zusätzlichen induktiven Kopplung für die äußeren Stromkreise eines Ofens.

Eine leicht auftretende ungleichmäßige Energieumsetzung unter den drei Elektroden kann man — sofern die Umformung das gestattet — durch Veränderung der einzelnen sekundären Spannungen als Verlegenheits-

lösung nur in begrenztem Maße erreichen. Die genaue rechnerische Erfassung des Aufbaues der Stromzuführung muß daher zum Zwecke eines in chemischer wie wirtschaftlicher Hinsicht gleichmäßigen Schmelzablaufes von vornherein erfolgen. Natürlich kann man zusätzlich auch durch Drehen der Ofenwanne von der mechanischen Seite aus die Dreipunkt-Beheizung in eine langsam laufende, metallurgisch wertvolle, kreisförmige Beheizung verwandeln. Bei einem Reduktionsofen für Karbid oder einem Niederschacht-Roheisenofen ist natürlich die Drehbewegung in Einklang mit der Abschmelzgeschwindigkeit des Möllers zu bringen.

Die rechnerische Kontrolle jedes Ofens auf genau gleichmäßige Energieumsetzung ist eine Notwendigkeit. Die vorstehenden Ausführungen ergeben Hinweise hierzu.

Aussprache

Herr W. Weitbrecht, Erlangen: Wir haben gesehen, daß die drei Phasen der Hochstromleitungsführung in einem Lichtbogenofen nicht konzentrisch, sondern flächensymmetrisch angeordnet werden müssen, damit der Ofen gekippt werden kann. Die dadurch bedingte, störende Ungleichmäßigkeit der Leistungsabgabe der drei Elektroden könnte grundsätzlich durch eine besonders induktionsarme Leitungsverlegung verringert werden. Um dies zu erreichen, liegt der Gedanke nahe, den Sternpunkt aus dem Transformator herauszuführen und bei „bifilarer“ Leitungsführung die Sternverbindung in der Nähe des Ofens herzustellen. Ist dieser Gedanke bereits berücksichtigt worden und welche Erfahrungen liegen vor?

Vortragender: Bifilare Leitungsführungen sind ausgeführt worden. Sie müßten sich aber bis zur Mitte des Ofens erstrecken, und die zum Kippen des Ofens notwendigen beweglichen Leitungen müßten dann auch bifilar gestaltet werden (sechs Stromleitungen). Mehr Kupfer und weniger einfache Leitungsführung waren erforderlich.

Herr L. von Szalay, Berlin-Charlottenburg: Es müßte möglich sein, durch vollkommen rotationssymmetrischen Aufbau des Ofentransformators die Gegeninduktivitätskoeffizienten M und N gleich groß zu machen, wodurch die ungleichmäßige Belastung wegfällt.

Vortragender: Die Unsymmetrie des sekundären Leitungssystems ist hauptsächlich auf die Unsymmetrie der Stromzuführungsleitungen zurückzuführen, die infolge der Verwendung von beweglichen Kupferleitungen unsymmetrisch gestaltet werden (Kippen der Ofen). Der wechselseitige Induktionskoeffizient der Phasenleitungen I und III muß gleich dem wechselseitigen Induktionskoeffizienten der Phasenleitungen II zu I bzw. zu III gemacht werden.

Herr H. Müller, Langenberg/Rhld.: Warum wird die alte Form des Kreisjoches und die räumliche Anordnung der Schenkel an Stelle der Anordnung in einer Ebene nicht angewandt?

Vortragender: Die Unsymmetrie der sekundären Stromleitung eines Drehstromofens ist weniger auf eine Unsymmetrie des Transformators zurückzuführen als vielmehr auf die Unsymmetrie der Stromzuführung zu den Elektroden. Diese Stromzuführungsleitungen müssen symmetrisch gestaltet werden, um den Einfluß einer toten und scharfen Phase auszuschalten.

Auf eine weitere Frage, ob die unzulässige Selbstinduktion nicht durch Erdung behoben werden kann, antwortete der Vortragende: Die magnetischen wechselseitigen Energien der Leitungen werden durch die Erdung nicht beeinflusst, und damit sind auch die gegenseitigen Induktionskoeffizienten nicht beeinflussbar.

Gruppe F II — Elektrowärme

Einführung

Von H. Müller

Herr Dipl.-Ing. Masukowitz hat uns bei Einführung in die Fachgruppe FI eine klare Übersicht über die auf dem Elektrowärmegebiet laufenden Normungs-, Vorschriften-, Klassifikations- und wichtigsten Entwicklungsarbeiten gegeben. Die Vorträge in seiner Fachgruppe standen unter dem einheitlichen Gesichtspunkt der Vorgänge im magnetischen Wechselfeld, zu denen man auch die Ausführungen von Herrn Dr. Walter über Lichtbogenöfen zu rechnen hat. Der jetzt anlaufenden Fachberichtsgruppe ist ein solcher einheitlicher Gesichtspunkt nicht zugrunde gelegt. Sie enthält vielmehr Streiflichter auf eine Reihe von Gebieten, die für die Weiterentwicklung dieser Gebiete von Bedeutung sind.

Herr Dipl.-Ing. v. Hauteville hat uns vor zwei Jahren einen sehr interessanten Bericht über das dielektrische Schweißen dünner Folien vorgetragen. An sich ist die Behandlung im hochfrequenten Kondensatorfeld, wirtschaftlich gesehen, für dicke Schichten das Gegebene. Trotzdem ist das dielektrische Schweißverfahren ein unbedingter technischer Fortschritt. Seine Anwendbarkeit ist allerdings auf solche Werkstoffe beschränkt — und das gilt allgemein für jedes dielektrische Erwärmungsverfahren —, deren Verlustfaktor einen genügend hohen Wert hat. Im anderen Falle scheidet das Verfahren aus. Nun haben L. Binder und W. Rana ein Verfahren zum Schweißen dünner Drähte entwickelt, bei dem die der zu erwärmenden Stelle zuzuführende Wärmemenge dosiert wird. Durch die Entladung eines Kondensators auf die zu erwärmende, als Widerstand betrachtete Stelle ergibt sich eine solche Dosierungsmöglichkeit. Ein anderer Weg ist der von dem Herrn Vortragenden beschrittene Weg der Impulstechnik, bei dem z. B. für eine Naht solche dosierte Wärmemengen dem Gut zugeführt werden. Man sieht, daß durch diese neue Technik ein klassisches elektrisches Erwärmungsverfahren, die Zuführung der Wärme durch Wärmeleitung neuen Anwendungsmöglichkeiten zugeführt wird.

In der Wärmetechnik, ganz allgemein gesprochen, ist die mathematische Behandlung vieler Vorgänge entweder noch unmöglich oder praktisch gesehen gar nicht durchführbar, weil der Aufwand zu groß ist. L. Binder und Ernst Schmidt haben deshalb unabhängig voneinander mittels des Differenzenquotientenverfahrens die Behandlung wichtiger Fragen mit einem erträglichen Rechenaufwand durchgeführt. Ein weiteres Hilfsmittel ist das von L. Beuken entwickelte Modellverfahren, das auf der Anwendung einer Analogie beruht, nämlich

C-R-Glieder zu verwenden, die in bestimmter Schaltung an eine Spannungsquelle angeschlossen werden. Nun nehmen die bisher gebauten Beukenmodelle einen erheblichen Umfang an, weil große Kapazitäten und Widerstände verwandt werden müssen. Auch ist der Einfluß der Ableitung in großen Kondensatoren bei umfangreichen Modellen nicht mehr von der Hand zu weisen. Deshalb bat ich seinerzeit Herrn Dr. Brokmeier, einmal den anderen Grenzfall zu untersuchen, nämlich mit in kürzeren Zeiträumen ablaufenden Analogievorgängen zu arbeiten. Dabei sollten die Grenzen festgestellt werden, bei denen mit den dann möglichen kleinen Kondensatoren und Widerständen der in einem C-R-Kreis immer auftretende Spannungsstoß und Einschwingvorgang beim Zuschalten der Spannungsquelle noch keine störende Höhe annimmt. Die störende Höhe war durch die praktisch erreichbaren Genauigkeiten bedingt. Herr Dr. Brokmeier hat diese Untersuchungen mit Hilfe der Heaviside'schen Operatorenrechnung durchgeführt und die Richtigkeit der Überlegungen unter Angabe der Grenzen bewiesen. Eine für die Modellanwendung außerordentlich wichtige Weiterentwicklung bedeutet die von ihm eingeführte Verwendung stetig veränderlicher Kapazitäten und Widerstände an Stelle der bisherigen Dekadenanordnungen die Umgestaltung des Beukenmodells zu einem Rechenggerät.

Schließlich spielt heute im Haushalt die Heißwasserbereitung eine große Rolle. Den verschiedenen Verfahren für die Lösung dieser Aufgabe reiht sich als neues der Elektrodendurchlauferhitzer an. Seine Schwierigkeiten liegen auf dem Gebiet der Sicherheit und der Leistungsfestlegung. Über die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen sind Leitsätze in Vorbereitung, wie sie auch schon in anderen Ländern wie der Schweiz und Großbritannien bestehen. Im Tagungsheft hat Herr Dr. Schneider über die Fragen der Übergangsströme einen sehr beachtenswerten Aufsatz geschrieben, der auch in diesem Zusammenhang große Bedeutung hat. Eine mit den Schwierigkeiten in der Leistungsfestlegung zusammenhängende Frage ist die Messung des Verbrauches. Man könnte meinen, daß hier, zählertechnisch gesehen, Schwierigkeiten zu erwarten sind, zumal für Durchlauferhitzer keine einfachen Ersatzschaltungen wegen ihres inneren Aufbaues angebar sind. Herr Dr. Rademacher hat deshalb Versuche dieser Richtung in einem Prüflamt und dazu einige Kontrollmessungen im Elektrowärmeinstitut durchgeführt und wird darüber berichten.

Das Wärmeimpulsverfahren

Von T. von Hauteville

Thermoplastische Kunststoff-Folien werden in immer größerem Umfang zu den verschiedensten Zwecken verwandt. Wir finden sie in der Elektroindustrie besonders zur Isolierung von Kabeln, bei der Herstellung von Täschnern, Schutzbekleidung und einer Fülle anderer

Gebrauchsartikel und vor allem im Verpackungssektor. Sollen die vielseitigen Eigenschaften der Kunststoff-Folien, die u. a. durch Begriffe wie Wasser- und Wasserdampfdurchlässigkeit, Aromafestigkeit, Luft- und Gasundurchlässigkeit, Reißfestigkeit, Geruchs- und Geschmacks-

freiheit u. a. m. gekennzeichnet sind, bei der Herstellung der Fertigerzeugnisse erhalten bleiben, so ist der materialgerechten Verarbeitung besondere Beachtung zu schenken.

Die Schweißung der Kunststoff-Folien erfüllt diese Bedingung im Gegensatz zu anderen möglichen Verarbeitungsverfahren wie Kleben und Nähen anerkanntermaßen am besten. Ein Thermoplast ist als ein Stoff definiert, der bei Erwärmung in einen plastischen, mehr oder weniger niedrig-viskosen Zustand übergeht. Werden

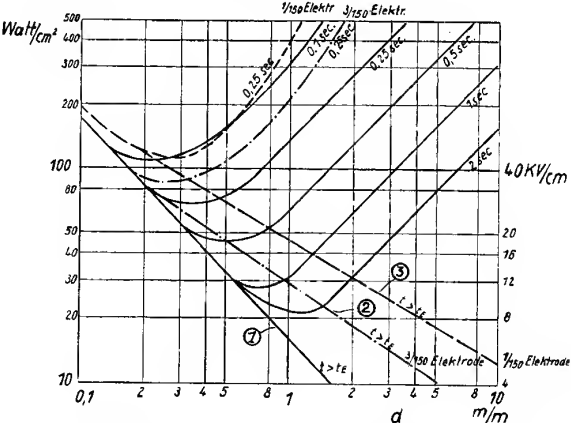


Bild 1 Schweißleistung (W/cm²) bei HF-Schweißung in Abhängigkeit von Foliendicke, Schweißzeit und Elektrodenbreite. Feldstärkemaßstab gilt für 40 MHz Elektrodenbreite: ① 20 mm, ② 3 mm, ③ 1 mm

zwei gleichartige thermoplastische Folien im plastischen Zustand aufeinandergedrückt, so entsteht eine stoffschlüssige Verbindung, man spricht von „Schweißung“.

Wir wollen festhalten: Zur Kunststoff-Folien-Schweißung sind Druck und Wärme erforderlich.

Die einzelnen Kunststoff-Folien-Schweißverfahren unterscheiden sich

1. durch die Methode, nach der die Aufwärmung der Folien erfolgt. In Frage kommt Wärmezufuhr durch Wärmeleitung oder dielektrische Erwärmung im HF-Feld;
2. durch den zeitlichen Verlauf des Druckes während des gesamten Schweißvorganges, bei dem wir die Aufheiz- und die Abkühlperiode zu unterscheiden haben.

Es leuchtet wohl ohne weiteres ein, daß eine gewisse Auskühlung der im schweißbaren plastischen Zustand befindlichen Nahtzone unter Druck eine sichere Schweißung begünstigt.

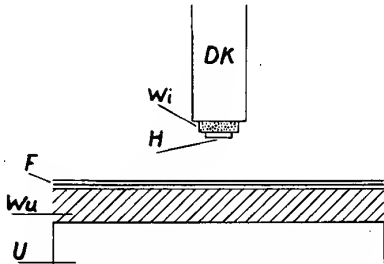


Bild 2 Querschnitt durch einen Wärmeimpulsstempel mit Unterlage bei Wärmeimpulsschweißung

Die verschiedenen Schweißverfahren

Mit der einfachsten Aufheizmethode, der Aufwärmung der Nahtzone durch Wärmeleitung von einem dauerbeheizten Stempel läßt sich die Bedingung: Aufheizen und Abkühlen unter Druck nicht erfüllen. Man kann mit einem dauerbeheizten Stempel durchaus eine stoffschlüssige Verbindung zweier Folien

erzielen. Versucht man aber einen solchen Stempel von dem heißen Thermoplasten abzuheben, so zeigt sich eine starke Anklebeneigung des Kunststoffes an den Stempel. Da zum anderen die Formbeständigkeit des thermoplastischen Materials im schweißwarmen Zustand äußerst gering ist, gelingt es nicht, die Folie vom Stempel ohne Zerstörung der Naht, zumindest aber ohne starke, bleibende Faltenbildung abzulösen.

Man hat zunächst Mittel und Wege gesucht, durch sog. „Antiklebemittel“ die Adhäsion zwischen Thermoplast und Heizfläche zu verringern. Die Silicone in verschiedenen Formen als Öl, Paste, Lack oder Silastik, vor allem aber das Polytetrafluoräthylen — Teflon — als Zwischenschicht verwandt, zeigen eine wesentliche Verringerung der Adhäsionswirkung.

Bei manchen Thermoplasten gibt es einen engen Temperaturbereich, in welchem bereits Schweißbarkeit besteht, die Folie selbst aber noch eine gewisse Formbeständigkeit besitzt. Unter diesen Bedingungen reicht z. B. bei Polyäthylen die Antiklebewirkung des Teflon aus, um die auch bei diesem besten Antiklebemittel noch vorhandenen Adhäsionskräfte beim Abheben des Stempels ohne Nahtzerstörung zu überwinden. Die Anforderung an die Temperaturführung der Stempel ist aber bei diesem Arbeitsverfahren sehr hoch und beträgt $\pm 1^\circ$ bei dem an sich leicht schweißbaren Polyäthylen (nach ausländischen Angaben).

Diese und andere Schwierigkeiten der Folien-erwärmung bei äußerer Wärmezufuhr durch Wärmeleitung vermeidet das HF-Kunststoff-Folien-Schweißverfahren in fast vollkommener Weise. Über die HF-Schweißung wurde vor 2 Jahren an dieser Stelle ausführlich referiert¹⁾; es werden daher die Eigenschaften der HF-Schweißung, soweit sie heute hier interessieren, ohne weitere Begründung summarisch zusammengefaßt.

1. Die dielektrische Erwärmung erlaubt es, mit kalten Nahtstempeln zu arbeiten; damit entfällt das Anklebproblem.
2. Die Temperatur steigt gegen die Mitte des Folienpaketes zu an; diese wünschenswerte Temperaturverteilung ist unabhängig von der Materialdicke und der Wärmeleitfähigkeit des Schweißgutes.
3. Die Aufheizperiode kann ohne Abheben des Nahtstempels durch Abschalten der HF-Energiezufuhr beendet werden. Damit kann die wichtige Bedingung: Aufheizen und Abkühlen unter Druck erfüllt werden.

Die technischen und wirtschaftlichen Grenzen der HF-Schweißung liegen in folgendem:

1. Die pro cm² Nahtfläche aufzubringende HF-Leistung steigt umgekehrt proportional der Foliendicke an und damit auch die Feldstärke im Material (Bild 1). Das Material besitzt nur eine beschränkte Durchschlagsfestigkeit; man ist gezwungen, je dünner die Folien sind, desto höhere Generatorfrequenzen zu verwenden. Das verteuert die Geräte und steigert die technischen Schwierigkeiten, so daß die Wirtschaftlichkeit nicht mehr gegeben ist.
2. Die Anwendung der HF-Erwärmung setzt Folien mit dielektrischen Verlusten über 1-2 % voraus. Diese Bedingung ist für das verpackungswichtige Polyäthylen nicht gegeben. Man kann wohl durch „Hilfsfolien“, die zwischen Elektroden und die Polyäthylenfolie gelegt werden, eine indirekte HF-Erwärmung des Polyäthylens bewirken. Diese Methode kann aber nur als Notbehelf gewertet werden.

Um die materialgerechte und wirtschaftliche Verarbeitung von dünnen und/oder dielektrisch hochwertigen Folien zu ermöglichen, wie sie besonders seitens der

¹⁾ von Hauteville, Zur Technologie der dielektr. Erwärmung. VDE-Fachberichte 1949.

Verpackungsindustrie gefordert wird, haben wir ein neues Folienschweißverfahren entwickelt:

Das Wärmeimpulsverfahren

Das Wärmeimpulsverfahren erlaubt es, durch folgende Arbeitsweise die Bedingung: „Aufheizen und Abkühlen unter Druck“ zu erfüllen. Das nahtbildende Element, der „Wärmeimpulsstempel“ (WIST) wird in seinem elektrisch beheizten Teil als Stempel mit geringstmöglicher Wärmekapazität aufgebaut. Bild 2 zeigt einen schematischen Querschnitt durch einen Wärmeimpulsstempel. H ist das eigentliche Heizelement, normalerweise ein dünnes Band aus Widerstandsmaterial von einigen Millimetern Breite. Es liegt mechanisch gespannt unter Zwischenschaltung einer Wärmeisolationsschicht W_i auf dem Druckkühlkörper DK auf. Der Wärmeimpulsstempel wird im ungeheizten Zustand durch eine geeignete Preßvorrichtung auf das auf einer festen, ebenen Unterlage U , die meist auch mit einer Wärmeisolationsschicht W_u belegt ist, aufliegende Schweißgut F aufgedrückt. Nun erhält das Heizband vom Stromversorgungsgerät (WING) einen kurzen Stromstoß, der die zum Schweißen notwendige Schweißtemperatur erzeugt.

Ein Prinzipschaltbild eines Wärmeimpuls-Netzgerätes zeigt Bild 3. Ein Transformator, der sekundär eine Niederspannung von 5 bis 30 Volt je nach Stempellänge abgeben muß, liegt überspannungsseitig über ein Zeitrelais und einen Regelwiderstand am Wechselspannungsnetz. Am Regelwiderstand wird die Stempelspannung so hoch eingestellt, daß in der am Zeitrelais gewählten Heizzeit die notwendige Schweißtemperatur sicher erreicht wird. Die richtige Bemessung der Wärmeisolationsschichten W_i und W_u sorgt dafür, daß nach Beendigung des Stromimpulses eine schnelle Wärmeableitung aus der Heiz- und Nahtzone erfolgt. Die Nahtzone kühlt unter Druck aus, die Folie gewinnt ihre Formbeständigkeit zurück. Der WIST kann abgehoben werden, ohne daß die Gefahr der Deformation oder gar Zerstörung der Naht durch die Adhäsionskräfte zwischen Stempel und Folie auftritt.

Bevor wir uns mit der eigentlichen Technik und Ausführungsbeispielen von Wärmeimpuls-Schweißeinrichtungen beschäftigen, wollen wir uns kurz den physikalischen Vorgängen bei der Aufheizung und Abkühlung zuwenden.

Der Aufheizvorgang: Die rechnerische Untersuchung des Aufheizvorganges — kaltem Material wird ein- oder beidseitig von heißen Stempeln Wärme durch Wärmeleitung zugeführt — wurde von verschiedener Seite (Brown²⁾, Wintergerst³⁾ u.a.) durchgeführt. (Siehe Fachbericht⁴⁾ über HF-Erwärmung.) Unter Verzicht auf eine Ableitung im einzelnen werden hier nur einige Kurven gezeigt, die dem Verständnis der Wärmeimpuls-Preßschweißung und ihrer Grenzen dienen sollen. Wir wollen uns dabei im wesentlichen auf die einseitige Wärmezufuhr als die technisch einfachere Ausführungsform beschränken.

Bild 4 zeigt die Temperaturverteilung, die sich einstellt, wenn ein heißer Stempel auf ein schlechtwärmeleitendes Material der Dicke b aufgesetzt wird. Als Ordinate ist das Temperaturverhältnis $T = \frac{T_d - T_0}{T_{st} - T_0}$ aufgetragen, wobei T_{st} die Stempeltemperatur, T_0 die Anfangstemperatur des eingelegten Materials und der nicht geheizten Gegenlage U bedeutet. T_d ist die aufheizzeitabhängige Temperatur im Abstand d vom Stempel. Parameter ist die Anlegezeit t . Im Anlegemoment ist der Temperaturgradient in Stempelnähe am größten, er ver-

flacht mit steigender Heizzeit. Er erreicht ein Minimum, wenn die Temperaturverteilung linear geworden ist, was für Anlegezeiten $t/b^2 \geq 5$ [s/mm²] eintritt. Die kleine Tabelle in Bild 4 zeigt, um welche Zeiten, gemessen in Sekunden, es sich bei verschiedenen Paketdicken handelt. Der Betrachtung der Temperatur und ihres Gradienten in Stempelnähe müssen wir besondere Beachtung schenken. Thermoplasten vertragen auch kurzzeitig nur eine begrenzte

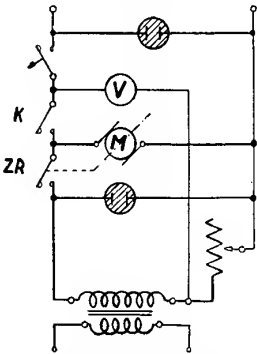


Bild 3 Prinzipschaltbild eines Wärmeimpuls-Netzgerätes

Temperaturüberhöhung über die Schweißtemperatur hinaus, ohne Bräunungs- und Zersetzungserscheinungen zu zeigen.

Die Übertemperatur $T_{stü}$ des Stempels gegenüber einer Schicht im Abstand d vom Stempel ist, im Falle der linearen Temperaturverteilung bei $t/b^2 \geq 5$ [s/mm²]

$$T_{stü} = T_{st} - T_d = \frac{T_{st} - T_0}{b} \cdot d.$$

$T_{stü}$ ist also um so geringer, je größer b im Verhältnis zu d ist. Wenn zwei Folien der Dicke d verschweißt werden sollen, wird es von Nutzen sein, die Folien unter

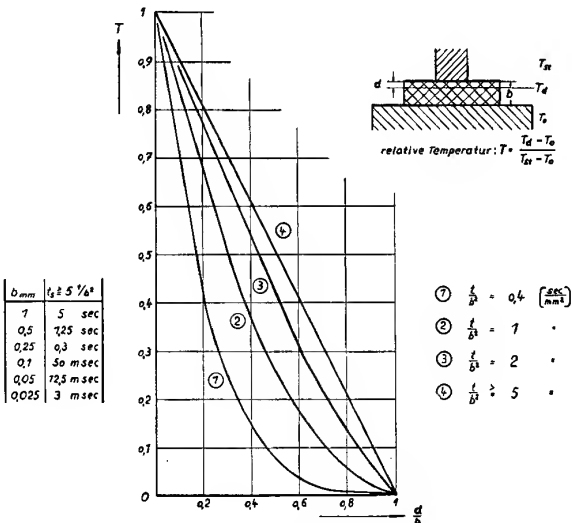


Bild 4 Temperaturverteilung bei einseitiger Wärmezufuhr nach Brown

Zwischenlage einer genügend starken Wärmeisolationsschicht W_u auf die Gegenlage U aufzulegen. Die Paketdicke b kann also auch eine Wärmeisolationsschicht enthalten. In Bild 5 sind die entsprechenden Verhältnisse für verschiedene Größen d/b in Abhängigkeit von t/b^2 aufgetragen. Ordinate ist das Temperaturverhältnis K ,

$$K = \frac{1}{T} = \frac{T_{st} - T_0}{T_d - T_0}.$$

T_d muß für eine einwandfreie Schweißung mindestens gleich der Schweißtemperatur des Materials sein.

²⁾ George H. Brown, Heat-conduction problems in Presses used for gluing of wood. Proc. Inst. Rad. Eng. 31 (1943), S. 537.
³⁾ S. Wintergerst, Temperaturverteilung und Leistungsbedarf bei der Schweißung von Kunststoff-Folien mit Hochfrequenz. ETZ 71, 1950, S. 79—81.

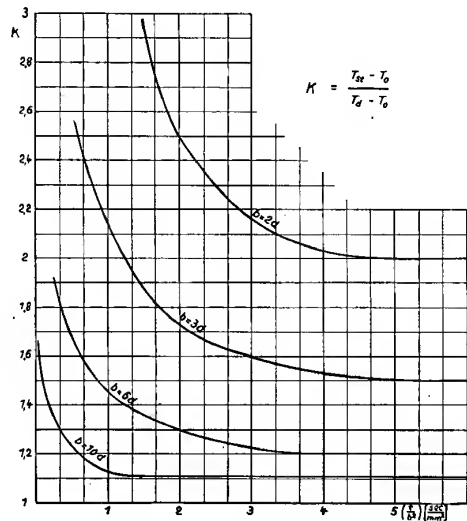


Bild 5 Temperaturverhältnis K in Abhängigkeit von $\frac{t}{b^2}$ und von verschiedenen Verhältnissen $\frac{d}{b}$

Bild 6 zeigt mit der Foliendicke d als Abszisse und der Stempelanlagezeit t_a als Parameter das Temperaturverhältnis K und damit die Stempeltemperatur

$$T_{st} = K \cdot T_d + (1 - K) T_0.$$

An Hand von Bild 6 kann man die Möglichkeiten der Wärmeimpulsschweißung mit einem Wärmeimpulsstempel — der sog. unsymmetrischen Anordnung — wie folgt ablesen:

- 1. Läßt man ein $K = 1,2$ zu, so kann man mit einer Schweißzeit von 0,25 sec bei einer Gesamtpaketdicke von $b = 10 d$ Folien der Stärke 0,046 mm schweißen.

— Folie dicke $b = 10 d$ unsymmetr. Anordnung
..... " $b = 6 d$ " "
- - - - - " $b = 2 d$ symmetr. " "

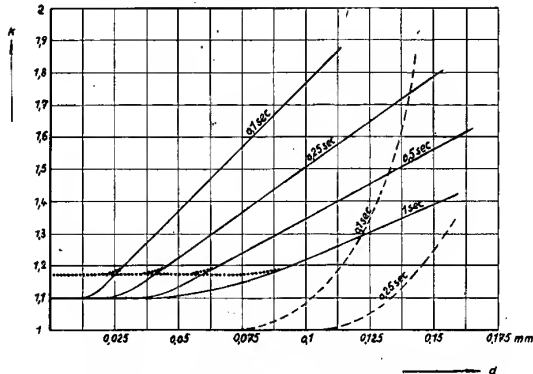


Bild 6 Temperaturverhältnis K in Abhängigkeit von der Foliendicke d , Parameter: Schweißzeit t_s in Sekunden

- 2. Ist eine Schweißzeit von 0,1 sec vorgeschrieben, so kann man bei 0,025 mm Folie einen Wert von $K < 1,18$ erreichen.

Eine Verstärkung von b erlaubt eine Herabsetzung der Stempeltemperatur nur, wenn ausreichende Schweißzeit zur Verfügung steht.

Ist das nicht der Fall, so muß auf symmetrische Anordnung übergegangen werden (gestrichelte Kurven). Man kann in symmetrischer Anordnung mit 0,1 sec Schweißzeit und einem K von 1,2 etwa die vierfache Foliendicke wie in der unsymmetrischen Anordnung schweißen.

Im Falle der Wärmeimpulsschweißung handelt es sich nicht um das Anlegen eines heißen Stempels konstanter Temperatur, sondern die Aufheizung geschieht erst nach

Auflegen des Stempels. Bild 7 zeigt verschiedene Aufheizkurven, die parabelförmig verlaufen. Je größer die Wärmeableitung durch die Wärmeisolationsschicht W_i ist, desto größere Flächenbelastung W/cm^2 muß eingestellt werden, desto höher wird die Anfangsteilheit der Aufheizkurve sein. Da zu gegebener Zeit eine bestimmte Temperatur erreicht sein soll, müssen Stempel höherer Eigenableitung im Augenblick der Heizstromabschaltung einen flacheren Temperaturgradienten als Stempel geringer Eigenableitung aufweisen. Bei unseren normalen WIST sinkt bei 0,25 sec Impulsdauer die Aufheizgeschwindigkeit von 2500° C/sec im Einschaltmoment auf ca. 200° C/sec im Abschaltmoment — Stempeltemperatur dabei etwa 180° C — ab. Durch die Impulsaufheizung wird

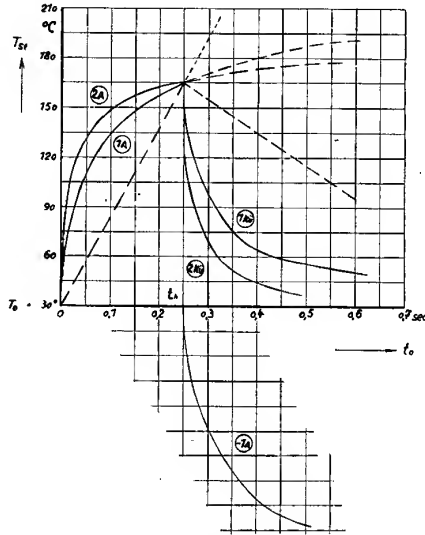


Bild 7 Aufheiz- und Abkühlverhalten von Wärmeimpulsstempeln verschieden hoher Wärmeableitung

sich der oben definierte Faktor K etwas vergrößern, und zwar um so mehr, je größer die Aufheizgeschwindigkeit im Abschaltmoment noch ist.

Der Auskühlvorgang: In praktischen Anwendungsfällen interessiert vor allem die gesamt-notwendige Stempelanlagezeit t_a . Es ist

$$t_a = t_h + t_{k\ddot{u}},$$

wo t_h die Heizzeit, $t_{k\ddot{u}}$ die aufzubringende Auskühlzeit unter Druck ist. Wie wir oben hörten, muß die Folie eine gewisse Formbeständigkeit zurückgewinnen, damit beim Abheben des Stempels die Adhäsionskräfte ohne bleibende verformende Wirkung auf die Nahtzone sind. Dazu ist je nach Material und Anordnung eine Temperatursenkung um 30 bis 120° C unter die Schweißtemperatur erforderlich. Ein Bild über den Auskühlvorgang durch Selbstabkühlung gewinnt man durch folgende Konstruktion, die man u. a. auch bei Betrachtung von Oberflächenhärtungsvorgängen bei induktiver Erhitzung anwendet. In Bild 7 sei Kurve 1 A als Aufheizkurve gegeben, der Aufheizvorgang werde zur Zeit t_h abgebrochen. Die Kurve des Wärmeentzuges aus dem Heizband, die gewissermaßen eine negative Wärmeentwicklung darstellt, folgt einer Kurve, die spiegelbildlich zur Aufheizkurve ist. Sie ist als Kurve — 1 A um t_h versetzt gezeichnet. Die Temperatur des Stempels gewinnt man nun für Zeiten größer als t_h einfach als algebraische Summe der Werte der Kurve 1 A und — 1 A, es ergibt sich die Stempelauskühlkurve 1 K \ddot{u} . Sie verläuft um so steiler, je steiler die Aufheizung des Stempels ist. Das bedeutet also hohe Flächenbelastung des Heizbandes und hohe Wärmeeigenableitung und damit auch den Zwang, für ausreichende endgültige Wärmeabfuhr aus

dem Kühlkörper zu sorgen, um eine allmähliche Aufheizung des WIST zu vermeiden.

Die direkte meßtechnische Bestimmung der Aufheiz- und Abkühlkurve stößt auf große Schwierigkeiten, da die Zeitkonstante der möglichen Temperaturfühler nicht klein genug gehalten werden kann. Durch indirekte Methoden haben wir jedoch festgestellt, daß eine Abflachung der Aufheizgeschwindigkeit nach 0,25 sec auf etwa 150 bis 200° C/sec und damit der als Kurve 1 gezeichnete Verlauf gut erreichbar sind. Bild 8 vermittelt noch einige Zahlenwerte über den Leistungsbedarf pro cm² Nahtfläche für einen WIST, der für manuellen Presseantrieb gedacht und nicht auf extrem hohe Auskühlgeschwindigkeit ausgelegt ist. Immerhin ergeben sich auch bei diesem WIST und PVC-Schweißung von 2 x 0,04 mm Folie schon 170 W/cm², was bei 0,1 mm Heizbanddicke bedeutet, daß immerhin schon 17 kW/cm³ Heizbandmaterial installiert werden, ein Wert, der bei Stempeln hoher Wärmeableitung und 0,1 sec Heizzeit auf etwa 50 kW/cm³ ansteigt.

Nun noch einige Worte zur Technik des Wärmeimpulsverfahrens. Wir hatten oben an Hand rechnerischer Unterlagen versucht, ein Bild über die Abhängigkeit der Stempelübertemperatur von der Schweißzeit, Folienstärke und Unterlagendicke zu gewinnen. Über die wirkliche, zulässige, kurzzeitige thermische Überlastbarkeit der verschiedenen Thermoplasten existieren noch keine Messungen, so daß man auf Erfahrungswerte angewiesen ist. Bei Polyäthylen haben wir bei Stempeltemperaturen von ca. 200° C, also einer Temperaturüberhöhung über die Schweißtemperatur von ca. 100° C noch keine schädigende Wirkung beobachtet. Bei einer PVC-Folie mit ihrer an sich schon höheren Schweißtemperatur von ca. 130 bis 150° C sind nur 50° C Über-temperatur, also ein K von 1,4 zugelassen; darüber tritt Bräunung des Materials ein. Die praktische Ausnutzbarkeit dieser Spanne wird aber in technischer Hinsicht durch eine Reihe von Schwierigkeiten eingeschränkt. Es war das besondere Anliegen unserer Entwicklung, Toleranzen, die hauptsächlich den Aufbau des Wärmeimpulsstempels betreffen, so klein und auch im Dauerbetrieb so gleichbleibend wie möglich zu halten.

Die Voraussetzung obiger Kurven, nämlich die über die ganze Nahtfläche gleichmäßig verteilte Temperatur, also ein homogenes Wärmefeld der Stempelfläche, ist an eine ganze Anzahl technischer Forderungen geknüpft, die im folgenden kurz aufgezählt werden.

1. Die Wärmeerzeugung pro cm² Heizfläche muß über die Gesamtheizfläche gleichmäßig verteilt sein. Dazu muß das Heizband nicht nur homogenen spezifischen Widerstand aufweisen, sondern auch die Heizbandbreite muß konstant über die ganze Länge sein.
2. Die pro Arbeitsgang zugeführte elektrische Arbeit in Wattsekunden muß genügend genau reproduzierbar sein.

Sind diese elektrischen Voraussetzungen, die sich ohne größere Schwierigkeiten erfüllen lassen, gegeben, dann ist das homogene Wärmefeld des WIST an folgende weitere Bedingungen geknüpft:

3. Die Wärmeübergangswiderstände — in Reihenfolge abnehmenden Einflusses aufgezählt: Heizfläche/Wärmeisolation, Heizfläche/Folie, Wärmeisolation/Kühlkörper, Folie/Unterlage — müssen über die Gesamtfläche gleichmäßig und gleichbleibend sein.
4. Die durch die Wärmeisolation und das Schweißgut gebildete Wärmeableitung vom Heizband muß über die Gesamtfläche gleichmäßig und gleichbleibend sein.

Forderungen 3 und 4 lassen sich durch sorgfältige Materialauswahl — wobei die Wärmedauerstandfestigkeit der Wärmeisolationsschicht besondere Beachtung verdient — und beste mechanische Präzision erreichen. Gute Wärmeimpulsstempel erlauben bei Schweißung von 0,025 mm-

PVC-Folie, also einem sehr wärmeempfindlichen Material, Spannungsschwankungen von $\pm 20\%$; in diesem Bereich ist eine gute Nahtfestigkeit vorhanden, ohne daß eine Bräunung auftritt. Damit ist klargestellt, daß für die betriebsmäßige Einstellung der Schweißspannung ein ausreichender Spielraum vorhanden ist. Bild 9 zeigt eine große, fußbetätigte Wärmeimpulsschweißpresse für Wärmeimpulsstempel bis 70 cm Länge.

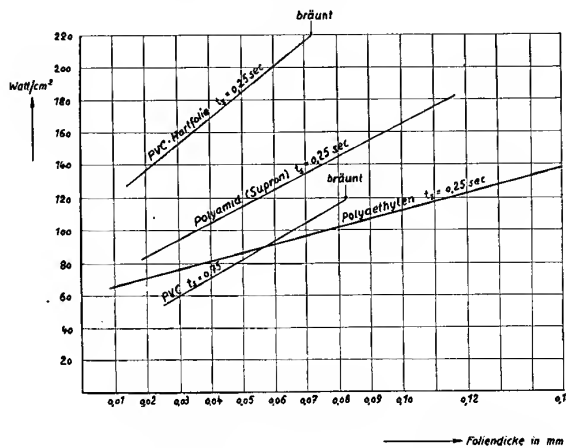


Bild 8 Leistungsbedarf in Watt/cm² bei Wärmeimpulsschweißung für verschiedene Thermoplaste und Folienstärken

Zusammenfassung: Die Wärmeimpulsschweißung stellt ein einfaches, billiges und sicher arbeitendes Schweißverfahren für dünne thermoplastische Folien unabhängig von deren dielektrischen Eigenschaften dar. Sie ergänzt dadurch die durch die HF-Schweißung gegebenen Möglichkeiten in glücklicher Weise. Ihr Hauptanwendungs-

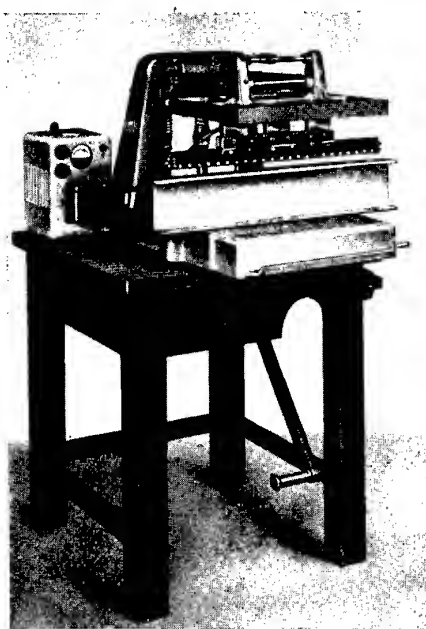


Bild 9 Große, fußbetätigte Wärmeimpuls-Schweißpresse für Wärmeimpulsstempel bis 70 cm Länge, System Lorenz

gebiet liegt zunächst im Verpackungssektor. Hier wird gegenüber den seither üblichen Heißsiegelverfahren mit dauerbeheizten, durch Thermostaten geregelten Stempeln, die sich nicht für die Verschweißung homogener thermoplastischer Folien eignen, vor allem auch die sofortige Betriebsbereitschaft und die minimale Wärme-streuung der Wärmeimpulsstempel geschätzt.

(Im Anschluß an den Fachbericht wurden noch einige Ausführungsformen von Geräten im Bild gezeigt und Muster von mit solchen Geräten geschweißten Folien vorgelegt.)

Möglichkeiten der Modelluntersuchung in der Wärmeleitungsforschung

Von K. H. Brokmeier

In den meisten technischen Anwendungen der Wärme ist die Entwicklung so weit vorangeschritten, daß die Leistungsgrenzen wärmetechnisch gegeben sind. Eine weitere Leistungssteigerung läßt sich nur ermöglichen, wenn die Erwärmungsvorgänge eingehend studiert und daraus entsprechende Folgerungen gezogen werden. So ist z. B. die genaue Kenntnis der Durchwärmungszeit eines einer bestimmten Wärmebeeinflussung ausgesetzten Stückes erforderlich, um angeben zu können, welcher maximale Durchsatz in einem Ofen vorgegebener Abmessungen erreicht werden kann. Mit Hilfe der Durchwärmungszeit kann auch bestimmt werden, in welcher Form bei einem verlangten Durchsatz und gegebenem Platz die Wärmebehandlung vorgenommen werden muß, d. h. ob ein normaler durch Brennstoff oder elektrisch beheizter Ofen ausreicht oder aber zur Verkürzung der Durchwärmungszeit und damit zur Produktionssteigerung auf die induktive Erwärmung übergegangen werden muß. Gleichermaßen wichtige Fragen liegen beim Studium des Härtevorganges seitens der Erwärmung und Abkühlung vor, da eine wesentliche Voraussetzung für das Härten die Temperatur abhängig von Ort und Zeit ist.

Alle diese Probleme und viele andere lassen sich nur dann lösen, wenn auf Grund eingehender Grundlagenforschung Untersuchungsmethoden erarbeitet werden, die es gestatten, die auftauchenden Fragen in genügender Genauigkeit verhältnismäßig einfach zu lösen. Für den stationären Wärmeströmungsvorgang schafft das normale Widerstandsgesetz mit Wärmestrom, Wärmewiderstand und Temperaturdifferenz einfache Verhältnisse, wobei gegenüber dem Ohmschen Gesetz der elektrischen Strömung nur geringe Unterschiede zwischen dem am schlechtesten und am besten wärmeleitenden Stoff auftreten. Der Wärmeübergang wird durch Annahme einer mittleren konstanten Wärmeübergangszahl als Übergangswiderstand erfaßt. Die nichtstationären eindimensionalen Wärmeströmungsvorgänge werden durch die bekannte Differentialgleichung

$$\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial \vartheta}{\partial t} \quad (1)$$

mit ϑ als Temperatur, x als Ort, a als Temperaturleitfähigkeit und t als Zeit erfaßt. Als Grenzbedingungen werden die stationären Verhältnisse zugrunde gelegt. Der exakte Weg zur Lösung von Wärmeleitungsaufgaben besteht somit darin, die Differentialgleichung für die aufzustellenden Rand- und Grenzbedingungen auszurechnen. Dieser Rechnungsgang ist sehr langwierig und nur für vereinfachende Annahmen durchzuführen. Der Untersuchungsgang läßt sich durch Tabellen und Kurven beschleunigen. Eine wesentliche Vereinfachung tritt ein, wenn von der differentiellen Betrachtung auf eine differenzmäßige übergegangen wird. Diesen Weg baute Ernst Schmidt¹⁾ zu einer einfach zu handhabenden graphischen Methode aus.

Neben dieser theoretischen Arbeitsweise ist die experimentelle Erforschung durch Schaffung besonderer Methoden mit großem Erfolg verwendbar. Es ist nahelegend, die zu erforschenden Vorgänge an einem Modell zu studieren. Dabei müssen jedoch die Modellgesetze genauestens beachtet werden, um ausreichende Versuchsergebnisse zu erzielen. Eine sehr einfache und äußerst erfolgreiche Untersuchungsmethode bietet die Anwendung von Analogieversuchen, eine Möglichkeit, die be-

reits 1845²⁾ von Kirchhoff prinzipiell erkannt wurde. Die Grundlage dieses Analogieverfahrens liegt in der Hypothese, daß zwei Vorgänge in verschiedenen Energieformen gleichartig ablaufen, wenn die grundlegenden, sie beschreibenden Differentialgleichungen gleiche Form haben und die Rand- und Grenzbedingungen übereinstimmen. In diesem Fall sind die Ergebnisse des einen Vorganges auf den anderen analogen Vorgang übertragbar. Dabei kann die Analogie außer der mathematischen Übereinstimmung der Gleichungen noch erklärender Natur sein; es besteht jedoch auch die Möglichkeit, sich einer rein formalen Analogie zu bedienen, die eine physikalische Deutung nicht ergibt und deren Modelle nur den Charakter einer Rechenmaschine besitzen.

Für die Erstellung wärmetechnischer Modelle müssen die in Tafel 1 zusammengestellten Modellgesetze beachtet werden:

Tafel 1: Modellgesetze für wärmetechnische Modellversuche.

Stationärer Vorgang

Original: $\vartheta_w = W_w \cdot R_w$ ϑ = Temperatur
 Modell: $\vartheta_m = W_m \cdot R_m$ W = Wärmestrom
 Modellfaktoren: $\vartheta_w = k_\vartheta \cdot \vartheta_m$ R = Wärmewiderstand
 $W_w = k_w \cdot W_m$
 $R_w = k_R \cdot R_m$
 eingesetzt: $k_\vartheta \cdot \vartheta_m = k_w \cdot W_m \cdot k_R \cdot R_m$
 $\vartheta_m = W_m \cdot R_m \cdot \frac{k_w \cdot k_R}{k_\vartheta}$

$$\text{Modellgesetz 1: } k_\vartheta = k_w \cdot k_R$$

Nichtstationärer Vorgang

Original: $\frac{\partial^2 \vartheta_w}{\partial x^2} = \frac{1}{a_w} \frac{\partial \vartheta_w}{\partial t_w}$ x = Ortskoord.
 Modellfaktoren: $x_w = k_x \cdot x_m$ a = Temp.-Leitf.
 $a_w = k_a \cdot a_m$ t = Zeit

$$\text{Modellgesetz 2: } k_x^2 = k_a \cdot k_t$$

Außer der Berücksichtigung der beiden Modellgesetze muß als 3. Modellgesetz der Wärmeübergangswiderstand beim Modell so gewählt werden, daß zwischen Originalvorgang und Modellvorgang ebenfalls der Modellfaktor k_R Gültigkeit besitzt. Diese Bedingung einzuhalten und die Messungen am Modell ohne Beeinträchtigung des Vorganges durchzuführen, sind die außerordentlich großen Schwierigkeiten der wärmetechnischen Modellmethode.

Die genannten Meßschwierigkeiten und weitere des Modellaufbaues führen dazu, die Strömungsvorgänge einer anderen Energieform zu untersuchen und die Ergebnisse auf die Wärmeströmung zu übertragen. Die Ausnutzung dieser Analogiemethode ist vielfältig. Wie bereits anfangs erwähnt, kann ein auswertbares Untersuchungsverfahren immer dann geschaffen werden, wenn die den beiden analogen Vorgängen zugrundeliegenden Beziehungen gleiche und damit vergleichbare mathematische Struktur besitzen.

¹⁾ Prof. Dr.-Ing. Ernst Schmidt, „Über die Anwendung der Differenzrechnung auf technische Anheiz- und Abkühlungsprobleme. Festschrift zu Föppl's 70. Geburtstag. Springer 1924.

²⁾ J. de Laclémandière, „Etude expérimentale de la transmission de la chaleur en régime variable à l'aide de la méthode des analogies électrique et thermique“. Communication faite aux Membres de l'Association des Ingénieurs de Chauffage et de Ventilation de France et aux Elèves du Cours supérieur de Chauffage industriel de L'Office de Répartition du Charbon, les 8 juillet et 31 octobre 1946.

Die Analogie zwischen dem magnetischen Feld und dem Temperaturfeld im stationären Zustand wurde bereits 1914 von M. Jakob²⁾ mit Erfolg nutzbar gemacht. Dabei wurden die Pole eines Elektromagneten so zugeschnitten, daß sie die Oberflächen und damit die bekannten Temperaturniveaulinien nachahmen. Der zu untersuchende Raum wird aus Karton geschnitten und mit Eisenfeilspänen bestreut. Das eingeschaltete magnetische Feld zeigt in Form der sich abbildenden magnetischen Kraftlinien ein Analogon der gesuchten Linien des Wärmeflusses.

Durch geschickte Ausnutzung von Speichermöglichkeit und Rohrleitungswiderstand gelang es Moore 1936³⁾, die wirbelfreie Flüssigkeitsströmung als Potentialströmung in Analogie zur Wärmeströmung zu setzen. Mit dem von ihm konstruierten Untersuchungsapparat „Hydrical“ wurde es möglich, Wärmeflußprobleme im nichtstationären Gebiet zu lösen.

Die besten Meßmöglichkeiten und den bequemsten Modellaufbau ergab jedoch die Anwendung der thermoelektrischen Analogie. Bereits 1913 schufen Langmuir, Adams und Meikle⁴⁾ durch Anwendung des bekannten elektrolitischen Troges für den stationären Wärmeströmungsfall eine ideale Untersuchungsmethode, die auf der einfachen Grundlage des für die elektrische und thermische Strömung geltenden Ohmschen Widerstandsgesetzes zum Studium von komplizierten stationären Wärmeströmungsvorgängen äußerst vielseitig ist.

Auf der gleichen mathematisch analogen Grundlage fußen auch die verschiedenen reo-thermischen Untersuchungsmethoden mit Hilfe von zugeschnittenen feinen Metallplättchen durch Awberry und Shofield⁵⁾ im Jahre 1928, die Bruckmaier⁶⁾ 1938 zur Lösung zweidimensionaler Aufgaben ausbaute. Durch diese Darstellungen ist jedoch nur der stationäre Vorgang erfassbar. Gerade bei Wärmeströmungsvorgängen kommt dem nichtstationären Gebiet besondere Bedeutung zu, da es sehr lange dauert und daher viele Wärmeevorgänge sich größtenteils im nichtstationären Gebiet abspielen. Hierfür die modelltechnischen Grundlagen geschaffen zu haben, ist das Verdienst des holländischen Ingenieurs C. L. Beuken⁷⁾. Er verwirklichte die bereits bekannte Analogie zwischen dem nichtstationären Wärmeevorgang und dem Lade- bzw. Entladevorgang eines idealisierten, induktions- und ableitungsfrei angenommenen Kabels als praktisch leicht anwendbare Modellmethode. Die Analogie fußt dabei auf der bekannten Wärmeleitungsgleichung

$$\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial \vartheta}{\partial t} \tag{1}$$

und der des idealisierten Kabels

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = RC \frac{\partial u}{\partial t} \tag{2}$$

Den Übergang vom Kabelvorgang auf leicht darstellbare und meßbare Modellvorgänge schuf Beuken durch Anwendung des Gedankens der Differenzenmethode mit endlicher statt unendlich feiner Unterteilung zu arbeiten. Beuken verließ bewußt das homogen mit Widerstands- und Kapazitätsbelag versehene Kabel und bediente sich statt dessen einer kabelnachbildenden RC-Kette, die in zweckmäßigster Weise als T-Glied aufgebaut war. Diese Analogiemethode kann durch Bild 1 charakterisiert werden. Für die Aufstellung des Analogiemodells sind die beiden Differentialgleichungen in Beziehung zu setzen. Ein zeitlich gleicher Ablauf würde dabei jedoch unsinnig große Widerstands- und Kapazitätswerte ergeben. Es ist daher angebracht, die bereits für das Wärmegebiet in Tafel 1 abgeleiteten Modellgesetze in entsprechender Form auf das Kabelmodell anzuwenden. Dadurch tritt eine wesentliche Verkleinerung der Aufbauelemente und

damit einer Verkürzung des Vorgangsablaufes ein. Die beim Wärmemodell erkannten Schwierigkeiten treten hier nicht auf, vielmehr ergeben sich bei einer Modellverkleinerung wesentliche Vorteile aufbautechnischer Art. Den Aufbau eines Beukenmodells zeigt das Bild 2. Die grundlegenden Arbeiten C. L. Beukens ermöglichten es V. Paschkis⁴⁾ an der Columbia-Universität ein

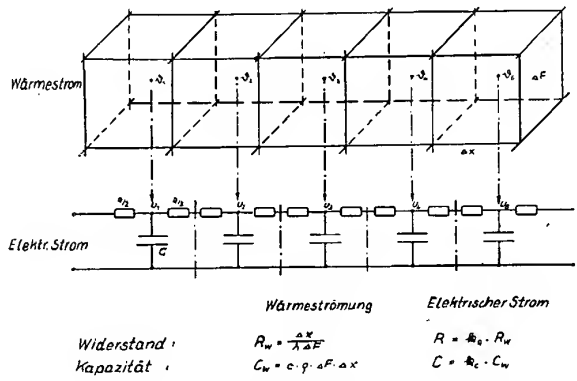


Bild 1 Darstellung einer eindimensionalen Wärmeströmung durch ein Beukenmodell

großes Untersuchungslaboratorium aufzuziehen, das sich dieser Analogiemethode bedient und in vielen Veröffentlichungen über die von Erfolg gekrönten Studien berichtet hat.

Als eine betont formale Analogiemethode ist die Schaffung eines Modells aus Längsinduktivitäten und Querableitungen anzusehen, die mittels der hierfür geltenden Differentialgleichung

$$\frac{\partial^2 i}{\partial x^2} = LG \frac{\partial i}{\partial t} \tag{3}$$

aufgebaut ist. Der Vorteil dieses Verfahrens ist die Tatsache, daß hier der elektrische Strom der Temperatur, die elektrische Spannung jedoch dem Wärme-

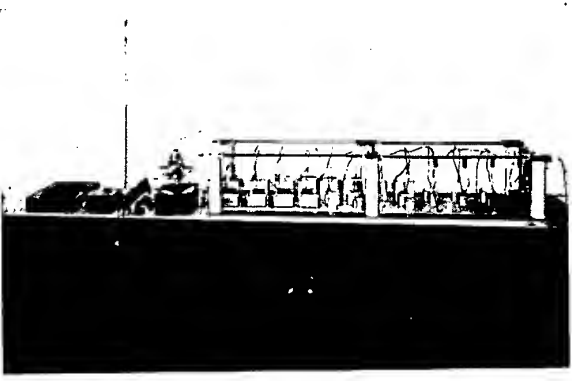


Bild 2 Ansicht eines Beukenmodells (aus Dissertation C. L. Beuken entnommen)

strom analog gesetzt wird. Somit kann das Modell durch Einschaltung elektromotorischer Spannungsquellen in die LG-Kette innerhalb des Modells auftretende Wärmequellen leicht darstellen. Entsprechend der Absicht von Brown, Hoyler und Bierwirth⁵⁾ ist es für das Studium der induktiven und kapazitiven Erwärmung bequem anwendbar.

³⁾ Dr.-Ing. ir. Clemens Louis Beuken, „Wärmeverluste bei periodisch betriebenen elektrischen Öfen“, Dissertation an der Sächsischen Bergakademie Freiberg, 1936. Trillsch und Huther, Berlin 1936.

⁴⁾ Dr.-Ing. V. Paschkis, „The Heat and Mass Flow Analyzer Laboratory.“ Metall Progress, 1947. M. Avrami and V. Paschkis, „Application of an electric model to the study of two-dimensional heat flow“, volume 38 (1942), H. 3. Philip W. Swain, „Electrical Machine Solves Heat-Transfer-Problems“, Power, July 1941.
⁵⁾ Brown, Hoyler, Bierwirth, „Radio-Frequency-Heating“, D. VAN Nostrand Company, Inc., Toronto—New York—London, 1947.

Sowohl das RC-Modell als auch das LG-Modell haben den Nachteil sehr großer Aufbauelemente. Denn das Beukenmodell setzt voraus, daß eine ideale Kabelnachbildung vorliegt, d. h. Induktivität und Ableitung so klein sind, daß sie auch für theoretische Betrachtungen praktisch zu vernachlässigen sind. Umgekehrt verhält es sich bei der LG-Kette mit Widerstand und Kapazität. Besonders die Ableitungsfrage stellt jedoch beim Beukenmodell an Messung und Aufbau höchste Anforderungen. Die Erfordernis, praktisch leicht verwendbare Unter-

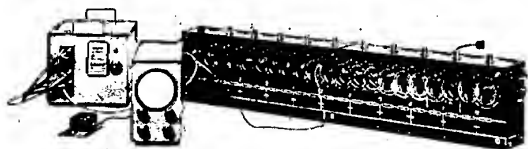


Bild 3 Grenzwertmodellanlage mit veränderlichen Widerständen und Kondensatoren

suchungsmethoden zu schaffen, veranlaßte Harald Müller, einen neuen Weg einzuschlagen und den Boden der scheinbar exakten Analogie bewußt zu verlassen. In einer von ihm angeregten Dissertation wurden daher die neuen Möglichkeiten untersucht, die sich durch eine Weiterentwicklung des Beukenmodells ergeben, wenn Induktivität und Ableitung in einer bestimmten, nicht mehr vernachlässigbaren Größe zugelassen werden. Der Grundgedanke dieses neuen Modellverfahrens beruht darin, festzustellen, wie groß Induktivität und Ableitung

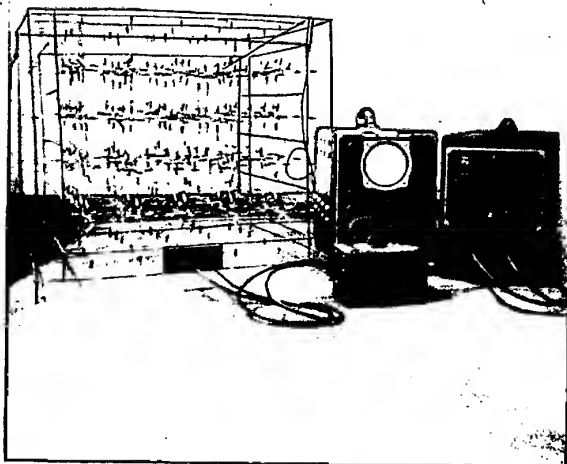


Bild 4 Räumliche Modellanlage zur Untersuchung nichtstationärer Wärmeströmungsvorgänge

sein dürfen, ohne daß der Fehler im Ergebnis größer als ein zulässiger Wert wird. Die Berechnungen und Versuche wurden durch Anwendung der Leitungsgleichung

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = LC \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + (RC + LG) \frac{\partial u}{\partial t} + RCu \quad (4)$$

auf die Modellfragen mit Hilfe der Haevsidischen Operatorenrechnung in der von K. W. Wagner⁶⁾ veröffentlicht

lichten strengerer Form durchgeführt. Auf Grund eingehender Untersuchungen über den Fehlereinfluß durch die Unterteilung, die etwa dem Übergang von der Differential- auf die Differenzenmethode entspricht, durch Induktivität und Ableitung und durch verschiedene Anfangs- und Grenzbedingungen sowie Aufbautoleranzen konnten Dimensionierungsvorschriften aufgestellt werden, bei deren genauer Beachtung das Ergebnis in einer gewissen Toleranz genau ist. In der Dissertation wurde eine Versuchsgenauigkeit von $\pm 3\%$ als zulässig angesehen.

Die aufgestellten Dimensionierungsangaben ermöglichen wesentliche Verbesserungen der bisher üblichen Untersuchungsmethoden. Zunächst wird bei diesen Modellen die Verkleinerung so weit vorangetrieben, daß die Vorgänge äußerst schnell ablaufen und mit einem Kathodenstrahloszillographen direkt in Kurvenform aufgezeichnet werden können. Der bisher beim Beukenmodell übliche Aufbau kann leicht durch die aus der Rundfunktechnik bekannten handelsüblichen Widerstände und Kondensatoren erfolgen. Als neue Möglichkeit ergab sich durch Übergang auf die Grenzdimensionierung die Schaffung eines Modelles, auf normalen Drehkondensatoren und Potentiometern aufbauend, das eine besondere bequeme Untersuchungstechnik ergibt. Bild 3 zeigt die gesamte Versuchsanordnung. Die bisherigen aufbautechnischen Schwierigkeiten beim Beukenmodell, eine räumliche Darstellung zu erstellen, entfallen bei dieser neuen Methode⁷⁾. Bild 4 zeigt das wohl erste räumliche Modell mit der gesamten Versuchsanordnung. Ein bestimmtes räumlich angeordnetes Volumenelement wird nach V. P a s c h k i s modelltechnisch durch 6 Widerstände und einen von der Mitte gegen Nullpotential geschalteten Kondensator aufgebaut, wobei durch je 2 Widerstände die in den 3 Koordinaten vorliegenden Wärmewiderstände analog dargestellt sind und der Kondensator der Wärmespeicherung entspricht.

Als Beispiel für die Modellanwendung möge eine Härteaufgabe gewählt werden: Es sei zu untersuchen, welche Eintauchzeit einer Stange in ein Salzbad gewählt werden muß, um eine bestimmte Härtetiefe zu erreichen. Die rechteckige Stange habe eine Dicke von 40 mm und sei relativ breit, so daß eindimensionale Behandlung zulässig ist. Da der Erwärmungsvorgang symmetrisch ablaufen wird, genügt es, nur die halbe Dicke modellmäßig darzustellen. Diese 20 mm unterteilt man zweckmäßig in 10 Einheiten zu je 2 mm und rechnet für eine beliebig angenommene Fläche von 1 cm² den Wärmewiderstand und die Wärmespeicherung aus. Bei einer Darstellung dieser Einheit in T-Form mit 2 Widerständen zu je 50 k Ω und einer Kapazität von 86 nF entspricht der Originalzeit von 1 min des Wärmeverganges eine Modellzeit des elektrischen Vorganges von $1/6000$ sec. Das gesamte Modell wird sehr einfach, da beim Einstromen der Wärme, also im Modell am Anfang der Übergangswiderstand mit genügender Genauigkeit zu Null angenommen werden kann, während der Modellabschlußwiderstand bei genau symmetrischer Aufheizung der Stange unendlich ist, das Modell also offen bleibt. Durch röhrengesteuertes Anlegen eines Spannungsstoßes an den Modellanfang während einer bestimmten Periode und anschließendes Kurzschließen entsprechend dem Abschrecken der Stange bei Temperaturniveau null kann man auf dem Braunschen Rohr genau den Temperaturverlauf an den interessierenden Stellen ansehen. Es besteht also die Möglichkeit, das Einwandern der Wärme zu überwachen und durch Veränderung der Einwirkzeit des Spannungsstoßes die gewünschte Temperaturverteilung zu ermitteln.

⁷⁾ Für räumliche Wärmeleitungsvorgänge in festen Körpern lautet die Differentialgleichung

$$\Delta \vartheta = \frac{1}{a} \frac{\partial \vartheta}{\partial t}$$

mit Δ als Laplaceschem Operator.

⁶⁾ Prof. Dr.-phil., Dr.-Ing. e. h. Karl Willy Wagner, „Operatorenrechnung nebst Anwendung in Physik und Technik“, Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1940.

Der Anheizvorgang eines Ofens mit konstanter Leistung kann durch konstante Stromeinspeisung in das Modell mittels einer Röhre dargestellt werden. Durch Anlegen bestimmter Spannungszeitfunktionen an das Gitter der einspeisenden Röhre lassen sich intermittierender und periodischer Betrieb sowie Programmregelung darstellen. Bild 5 zeigt die Modelluntersuchung einer Programmregelung. Mit Hilfe der Fourieranalyse lassen sich im periodischen Betrieb sämtliche Vorgänge durch Kombination mit der Modelluntersuchung sehr einfach klären.

Ein sehr anschauliches Beispiel bietet die Untersuchung des Temperaturverlaufes im Erdboden. Der Untersuchungsgegenstand ist dabei folgender: Der jahreszeitliche Temperaturverlauf an der Erdoberfläche wird nach Fourier analysiert und so die Aufteilung des Vorganges in die Temperaturwellen der verschiedenen Frequenzen ermittelt. Als Grunduntersuchung für das Modell genügt es nunmehr, während einer einzelnen Periode eine sinusförmige Spannung an den Anfang des Modelles zu legen. Der Aufbau des Modelles selbst ist verhältnismäßig einfach. Aus den physikalischen Werten des Erdbodens kann die Temperaturleitfähigkeit bestimmt und mit Hilfe dieser Angabe das Modell aufgebaut werden. Für einen durchgeführten Versuch wurde das Modell aus Längswiderständen von 39 k Ω und Querkapazitäten von je 5 nF aufgebaut. Das jährliche Temperaturspiel mit einer Periodendauer von 8760 Stunden wurde durch eine Modellperiode von $\frac{1}{50}$ sec dargestellt. Für diese Analogiedarstellung entspricht dann einem Modellglied eine Tiefenausdehnung im Erdboden von 0,64 m. Um die Versuche exakt durchführen zu können, mußte selbstverständlich das Modell eine unendliche Ausdehnung erfahren. Es zeigte sich beim Aufbau leicht, daß die Modellordnung dann praktisch als unendlich lang angesehen werden kann, wenn sie aus 20 Gliedern aufgebaut wird, so daß der Modellabschluß auf den Vorgang selbst keinerlei meßbare Rückwirkungen ausübt. Es zeigte sich an allen Meßstellen im Ergebnis keine Veränderung, gleichgültig, ob das Modell am Ende offenstand oder kurzgeschlossen war. Die modelltechnisch ermittelten Temperaturverläufe zeigt Bild 6, wobei die maximale Amplitude der Oberflächentemperatur entspricht und die jeweils weiteren Kurvenmeßwerte in 2,90 m, 6,10 m, 9,30 m und 12,50 m Tiefe darstellen. Gleichzeitig mit der Abschwächung der Amplitude kann eine Phasenverschiebung des Temperaturverlaufes beobachtet werden. Dieses Modellergebnis besagt also die hinlänglich bekannte Tatsache, daß die höchsten Temperaturen in 6 m Tiefe bspw. im Herbst auftreten. Die so modelltechnisch aufgenommenen Werte stimmen gut mit den aus der Literatur bekannten gemessenen Temperaturzeitverläufen überein.



Bild 5. Modellversuchsergebnis eines Temperaturverlaufes an verschiedenen Stellen bei einer Programmregelung. U_0 entspricht Anfangstemperatur. U_1, U_2, U_3 Temperaturverläufe in wachsender Entfernung

Eine wertvolle Möglichkeit zur Konstruktion von Wärmedämmschichten mit vorgeschriebenem Temperaturverlauf bietet das Grenzwertmodell, bei dem man an den Drehkondensatoren und Potentialometern Veränderungen vornehmen

und sofort den Temperaturverlauf auf dem Oszilloskopschirm sehen kann.

Alle oben aufgezeichneten Modellverfahren zeigen, daß die Anwendung der Modelluntersuchung für die Wärmeleitungsforchung erfolgversprechend ist. Das gründliche Studium der thermoelektrischen Analogie erschließt darüber hinaus auch für die Berechnung von Wärmevergängen neue Möglichkeiten, da die elektrischen Berechnungsmethoden wesentlich besser ausgebaut sind und ihre analoge Ausbreitung auf das Wärmegebiet bequeme und schnelle Rechnungverfahren schafft.

Es ist verständlich, daß bei der Anwendung der modelltechnischen Untersuchung einige Grenzen beachtet werden müssen. In diesem Zusammenhang muß deshalb

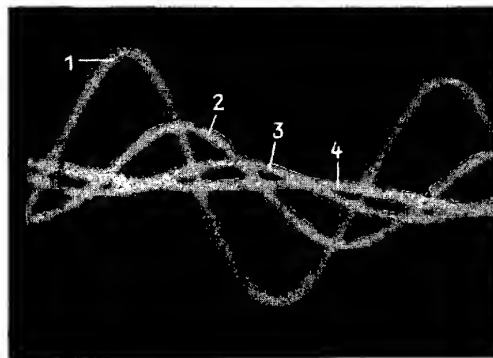


Bild 6 Temperaturverläufe in verschiedenen Tiefen des Erdbodens. 1. an der Oberfläche, 2. in 2,9 m Tiefe, 3. in 6,1 m Tiefe, 4. in 9,3 m Tiefe (12,5 m Tiefe deckt sich in der Aufnahme fast mit 4)

darauf verwiesen werden, daß mit Hilfe von Analogiemodellen keinesfalls Wärmeausbreitungsgeschwindigkeiten untersucht werden können. Die Klärung dieser Frage ist ohnehin äußerst schwierig, da allem Anschein nach die Differentialgleichung für die Wärmeströmung im festen Körper die Verhältnisse der Wärmeausbreitungsgeschwindigkeit nicht wiedergibt. Vielmehr würde sich bei Gültigkeit der Differentialgleichung eine unendliche Ausbreitungsgeschwindigkeit ergeben, entsprechend einem Kabel, das mit einer Stoßspannung beaufschlagt wird und keine Induktion besitzen würde. Es muß daher angenommen werden, daß die Differentialgleichung nur makroskopische Aussagen über die Wärmeströmung macht, wie die Temperaturangabe nur makroskopischen Charakter besitzt.

Aussprache

Gegen einen zu dem vorliegenden Fachbericht vom Vortragenden zusätzlich gebrachten Hinweis, der sich auf eine Arbeit von Paschkis und Avrami (Trans. Am. Inst. Chem. Engrs. 38 [1942] H. 3, S. 816) stützt, wurden von mehreren Herren Bedenken geäußert und hierbei von einem der Diskussionsredner eine Arbeit von Avramescu angeführt, die angeblich das ganze Problem rechnerisch auf einfache Weise zu lösen gestattet. Zu dieser Diskussion wird von Herrn Professor Dr.-Ing. L. Lesch der folgende schriftliche Beitrag zugesteuert:

Zu dem Widerstreit über den Wert und die Notwendigkeit von Modellen sei nur darauf hingewiesen, daß man sich gezwungen sieht, die Spannungsverteilung und die Ausgleichsvorgänge in elektrischen Netzen an Hand von großen und kostspieligen Netzmodellen zu untersuchen, trotzdem doch die Berechnung der Netze durchaus möglich ist. Die Durchführung der Rechnung ist aber so kompliziert und unübersichtlich, daß zur Lösung praktischer Fragen das Modell nicht entbehrt werden kann. In ähnlicher Form ist für die Wärmeübergangsvorgänge der Wert von Modellversuchen nicht zu bestreiten.

Mögliche Falschmessungen des Verbrauchs von Elektrodendurchlauferhitzern

Von H. Rademacher

Beim Betrieb von Elektrodendurchlauferhitzern, die leitend mit der Wasserleitung verbunden sind, wird sowohl durch das Wasserleitungsrohr als auch durch das zu- und abströmende Leitungswasser elektrischer Strom zur Erde abgeleitet. Der nachfolgende Fachbericht stellt sich zur Aufgabe, zu untersuchen, unter welchen Umständen und in welchem Umfang eine Falschmessung des Stromverbrauchs möglich ist. Dabei wurden in den Untersuchungen bewußt Elektrodengeräte verwandt, deren Übergangsstrome unzulässig hoch sind, um ungünstige Fälle zu erhalten. Stellt sich bei den Untersuchungen dieser ungünstigen Fälle beispielsweise heraus, daß die Falschmessungen des Stromverbrauchs unwesentlich sind, so wird man bei den zu erwartenden Sicherheitsbestimmungen entsprechenden Erhitzern mit Recht keine Falschmessungen erwarten können.

Bei diesen Erhitzern besteht eine weitere Schwierigkeit darin (auf die jedoch in diesem Bericht nicht weiter eingegangen wird), daß die Aufnahme des Gerätes mit der Zeit infolge der veränderlichen Leitfähigkeit des Wassers stark schwanken kann. Darüber hinaus ist der Kalkgehalt des Leitungswassers von Bedeutung, da sich bei hohem Kalkgehalt des Wassers mit der Zeit Kalk auf den Elektroden absetzt, wodurch der Stromübergang zwischen den Elektroden behindert wird. Wie festgestellt wurde, hängt die symmetrische Belastung des Erhitzers übrigens auch stark von der Ausbildung und Anordnung der Elektroden ab. Deshalb wurde auf eine rechnerische Behandlung mit Ersatzwiderständen verzichtet, weil sie kaum in der Lage ist, die tatsächlichen Verhältnisse wiederzugeben.

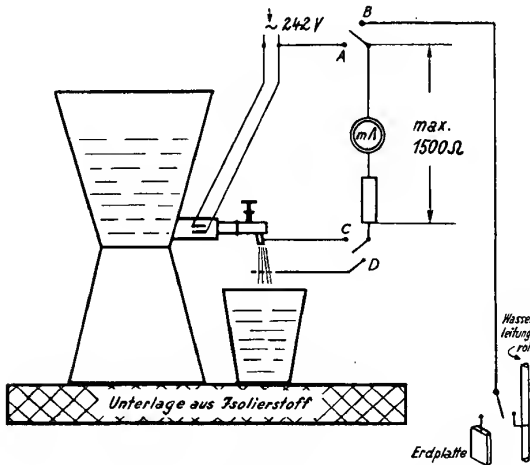


Bild 1 Messung des Übergangsstromes gem. VDE 0720 § 22 c Versuchsanordnung

Damit über die Höhe des vom Elektrodengerät während des Betriebes zur Erde abfließenden Stromes (Übergangsstrom) ein Bild gewonnen werden kann, wurden mit dem Gerät Messungen gemäß VDE 0720/II. 43 § 22 c und § 40 vorgenommen. Hierzu wurde das Elektrodengerät isoliert aufgestellt, d.h. an einen mit Wasser gefüllten Bottich angeschraubt, der auf einer isolierenden Unterlage stand. Das aus dem Elektrodengerät ausfließende Wasser lief in einen Eimer, der sich gleichfalls auf derselben isolierenden Unterlage befand. Die Versuchsanordnung veranschaulicht Bild 1. Nach Anschluß des Elektrodengerätes in einem Dreileiternetz ohne Nulleiter an 242V wurde der Wasserhahn des Gerätes auf größte Wasserdurchflußmenge einreguliert. Hierbei wurden neben den Messungen des Über-

gangsstromes auch Messungen über die Höhe der Berührungsspannung vorgenommen. Der Gesamt-widerstand der Meßanordnung betrug nicht mehr als 1500 Ω (Tafel 1). Als Erder fanden wahlweise das Wasser-

Tafel 1

Spalte		Art der Messung		Stromstärke
1	Übergangsstrom	Zwischen Außenleiter und Gehäuse	AC	1,20 ... 1,25 A
2	Übergangsstrom	Zwischen Außenleiter und Wasser	AD	0,02 ... 0,03 A
3	Übergangsstrom	Zwischen Gehäuse und Wasserleitungsrohr	CB	1,2 A
4	Übergangsstrom	Zwischen Wasser und Wasserleitungsrohr	DB	0,02 ... 0,03 A
				Spannung
5	Berührungsspannung	Zwischen Außenleiter und Gehäuse	AC	185 V
6	Berührungsspannung	Zwischen Außenleiter und Wasser	AD	130 V
7	Berührungsspannung	Zwischen Gehäuse und Wasserleitungsrohr	CB	240 V
8	Berührungsspannung	Zwischen Wasser und Wasserleitungsrohr	DB	180 V

Elektrodendurchlauferhitzer, zweiphasig angeschl., isoliert aufgestellt. Prüfung gem. VDE 0720, § 22 c, § 41, Prüfspannung 242 V. Aufgen. Leistg. 6,6 kW, aufgen. Strom 27,5 A

leitungsrohr oder eine im Erdboden versenkte Erdungsplatte von 1 m² Verwendung. Wenn man z. B. den Strommesser zwischen das metallene Gehäuse des Elektrodengerätes und das Wasserleitungsrohr anlegte, so zeigte das Instrument 1,2 A an (Tafel 1, Spalte 3). Setzt man diesen Wert von 1,2 A mit dem Aufnahmewert des Elektrodengerätes von 27,5 A in Vergleich, so ergibt sich, daß etwa 4,3 % des aufgenommenen Stroms über das Wasserleitungsrohr zur Erde abgefließen sind. (Dieser Strom von 1,2 A würde also bei einem leitenden Anschluß des Gehäuses des Elektrodenerhitzers mit dem Wasserleitungsrohr während des Betriebes ständig zur Erde über die Wasserleitung abfließen). Es fragt sich nun hier, wieviel von den 4,3 % Strom vom Zähler registriert wird. Sicher ist jedenfalls, daß bei dem Zähler mit einpoliger Innenschaltung, z.B. Form W9, die auftretende Belastung zwischen der Wasserleitung und dem nicht mit Stromspule versehenen Anschlußleiter nicht registriert wird. In diesem Zusammenhang ist auch von Interesse, daß zwischen Gehäuse und dem Wasserleitungsrohr die volle Betriebsspannung anliegt (Tafel 1, Spalte 7).

Tafel 2

Spalte		Art der Messung		Stromstärke
1	Übergangsstrom	Zwischen Außenleiter und Gehäuse	AC	0,75 A
2	Übergangsstrom	Zwischen Außenleiter und Wasser	AD	0,02 A
3	Übergangsstrom	Zwischen Gehäuse und Wasserleitungsrohr	CB	0,7 A
4	Übergangsstrom	Zwischen Wasser und Wasserleitungsrohr	DB	0,02 A
				Spannung
5	Berührungsspannung	Zwischen Außenleiter und Gehäuse	AC	210 V
6	Berührungsspannung	Zwischen Außenleiter und Wasser	AD	190 V
7	Berührungsspannung	Zwischen Gehäuse und Wasserleitungsrohr	CB	190 V
8	Berührungsspannung	Zwischen Wasser und Wasserleitungsrohr	DB	180 V

Elektroden-Durchlauferhitzer, dreiphasig angeschlossen, isoliert aufgestellt. Prüfung gem. VDE 0720 § 22 c, § 41, Prüfspannung jedoch 230 V. Aufgen. Leistg. 9 kW, aufgen. Strom 22,7 A.

Beim Anschluß eines dreiphasig betriebenen Gerätes in isolierter Aufstellung ergibt sich, daß der vom Gehäuse zum Wasserleitungsrohr abfließende Übergangsstrom (Tafel 2, Spalte 3) wesentlich geringer ist. Er beträgt hier weniger, nämlich 3,09 % des vom Elektroden-gerät insgesamt aufgenommenen Stromes von 22,7 A. Erwartungsgemäß ist auch die zwischen Gehäuse und dem Wasserleitungsrohr anliegende Berührungsspannung (Tafel 2, Spalte 7) viel niedriger als beim zweiphasigen Anschluß. Die beim Anschluß des dreiphasig betriebenen Elektrodengerätes gemessenen geringeren Übergangsströme und Berührungsspannungen gegenüber dem Zweiphasenanschluß sind wohl die Folge der Superposition von Teilströmen in den drei Außenleitern.

Wenn dagegen der Elektroden-durchlauferhitzer — im Gegensatz zu der Darstellung in Bild 1 — nicht isoliert

Tafel 3.

Spalte		Art der Messung	Stromstärke
1	Übergangsstrom	Zwischen Außenleiter und Gehäuse	AC Kurzschluß
2	Übergangsstrom	Zwischen Außenleiter und Wasser	AD 0,04 A
3	Übergangsstrom	Zwischen Gehäuse und Erdplatte	CB 0,13 A
4	Übergangsstrom	Zwischen Wasser und Erdplatte	DB 0,001 A
5	Berührungsspannung	Zwischen Außenleiter und Gehäuse	AC Kurzschluß
6	Berührungsspannung	Zwischen Außenleiter und Wasser	AD --
7	Berührungsspannung	Zwischen Gehäuse und Erdplatte	CB 13 V
8	Berührungsspannung	Zwischen Wasser und Erdplatte	DB 9 V

Elektrodendurchlauferhitzer, zweiphasig angeschlossen, mit der Wasserleitung leitend verbunden. Prüfspann. 242 V. Auflagen. Leistg. 6,6 kW, aufgen. Strom 27,5 A.

aufgestellt und nicht an einen Wasserbottich angeschlossen wird, sondern wenn das Gehäuse des Erhitzers direkt leitend an die Wasserleitung angeschraubt wird, so beträgt die zwischen Gehäuse und Erdplatte gemessene Spannung mit einer Meßanordnung von 1500 Ω Gesamt-widerstand nur 13 Volt (Tafel 3, Spalte 7). Auch der Übergangsstrom ist jetzt geringer, nämlich 0,13 A (Tafel 3, Spalte 3).

Die Anordnung der Elektroden für das zwei- bzw. dreiphasig betriebene Gerät zeigt Bild 2.

Zur Feststellung, welche elektrische Arbeit in einem Dreileiternetz ohne Nulleiter beim Anschluß eines zweiphasig betriebenen Elektroden-durchlauferhitzers nicht registriert wird, wurde ein Zähler mit zweipoligem Wattstundenmeßsystem der Form CG 7 vorgeschaltet. Während die Außenleiter R und S an dem Durchlauferhitzer, der von dem Wasserleitungsrohr durch einen

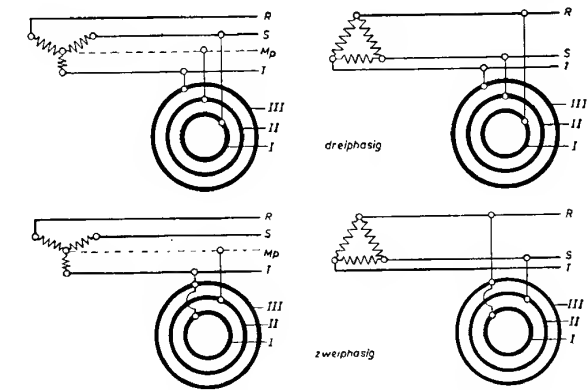


Bild 2 Schema der Elektrodenanschlüsse Elektroden-durchlauferhitzer

Gummischlauch isoliert war, angeschlossen wurden, erfolgte eine Verbindung des Außenleiters T mit dem Gehäuse des Erhitzers. In der Verbindungsleitung zwischen Gehäuse und Außenleiter T wurde außerdem noch ein Vektormesser angeschlossen, um die Phasenlage von Strom und Spannung zu ermitteln (Bild 3). Die Versuchsanordnung charakterisiert einen in der Praxis häufig vorliegenden Fall, daß das Elektroden-gerät in einem Dreileiternetz mit geerdetem Außenleiter T an die

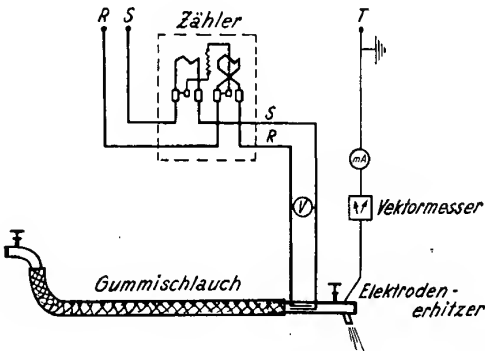


Bild 3 Ermittlung der Phasenlage von Übergangsstrom und Spannung im Dreileiternetz ohne Nulleiter, Versuchsanordnung

Außenleiter R und S angeschlossen wird, wodurch das Gehäuse des Gerätes durch das Wasserleitungsrohr leitend mit der Erde und damit mit dem Außenleiter T verbunden ist. Der Gummischlauch ersetzt die oftmals vorhandene Isolierung des Wasserausflusses vom Wasserrohrnetz im Erdboden, sei es infolge nicht überbrückten Wasserzuflusses, sei es infolge Verwendung von nichtmetallischen Wasserleitungsrohren. Der zwischen Gehäuse und Außenleiter T (Erde) fließende Übergangsstrom I_A betrug 0,102 A bei einer Gesamtaufnahme des Erhitzers von 10,8 [A] · 220 [V] = 2,38 [kW]. Damit beträgt die zwischen Gehäuse und Erde liegende

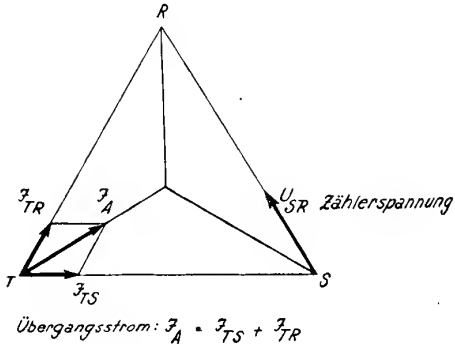


Bild 4 Vektordiagramm

Belastung während t Stunden 0,102 [A] · 220 [V] · t [h] = 22,7 · t · [Wh].

Vernachlässigt wird hierbei die Belastung durch das ab- und zuströmende Leitungswasser. Der Übergangsstrom I_A setzt sich aus den Teilströmen I_{TR} und I_{TS} zusammen und müßte bei symmetrischer Belastung des Erhitzers in die Lage des Phasenstromes I_T zusammenfallen. Danach müßte der Vektor des Übergangsstromes I_A senkrecht auf dem Vektor der an der Spannungsspule des Zählers anliegenden Spannung U_{SR} stehen (Bild 4). Der mit dem Vektormesser ermittelte Phasenwinkel zwischen dem Vektor des Übergangsstromes und dem Spannungsvektor an der Spannungsspule des Zählers ergab dementsprechend auch einen nahezu rechten Winkel, nämlich 86°. Der Winkel beträgt deshalb

nicht ganz 90° , weil die Belastung — infolge der Ausbildung und Anordnung der Elektroden — nicht völlig symmetrisch ist. Somit wird der Übergangstrom und damit die zwischen Gehäuse und Erde liegende Belastung von $0,102 \text{ [A]} \cdot 220 \text{ [V]} \cdot t \text{ [h]} = 22,7 \cdot t \text{ [Wh]}$ fast nicht gezählt, da vom Zähler höchstens das Produkt $0,102 \text{ [A]} \cdot 220 \text{ [V]} \cdot \cos 86^\circ \cdot t \text{ [h]} = 1,58 \cdot t \text{ [Wh]}$ registriert werden könnte. Diese geringe Leistung von $1,58 \text{ W}$ wird allerdings vom Zähler nicht erfaßt, da sie noch unterhalb der Anlaufbelastung liegt. Von der über das Wasserleitungsrohr zur Erde abfließenden Energie von $22,7 \cdot t \text{ [Wh]}$ könnte also nur $1,58 \cdot t \text{ [Wh]}$ gemessen werden bzw. $(22,7 - 1,58) \cdot t \text{ [Wh]} = 21,12 \cdot t \text{ [Wh]}$ vom Zähler nicht registriert werden.

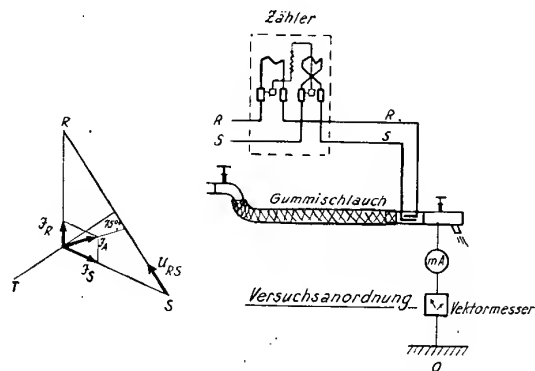


Bild 5 Elektrodendurchlauferhitzer im Dreileiternetz mit Nulleiter

Es ergibt sich somit zusammenfassend, daß rund 1% der vom Elektrodendurchlauferhitzer verbrauchten Energie von $2,38 \cdot t \text{ [kWh]}$ nicht registriert wird. Das bedeutet z. B. für einen ähnlichen Durchlauferhitzer von $2,5 \text{ kW}$ im praktischen Betrieb, daß ein dem Stromverbrauch einer 25 W -Glühlampe entsprechender Betrag nicht erfaßt wird.

Ähnliche Messungen wurden in einem Dreileiternetz mit Nulleiter an dem Elektrodendurchlauferhitzer vorgenommen. Die beiden Zuführungen des Elektrodengerätes wurden an die Außenleiter R und S gelegt, während das Gehäuse des Erhitzers mit der an Null liegenden Erde verbunden wurde (Bild 5). Bei einer Gesamtaufnahme von $2,38 \text{ kW}$ ermittelte sich der in der Verbindungsleitung zwischen Gehäuse und Nulleiter fließende Übergangstrom I_A zu $0,035 \text{ A}$. Der Übergangstrom I_A setzt sich aus den Teilströmen I_R und I_S zusammen. Gemessen wurde ein Phasenwinkel zwischen dem Vektor des Übergangstromes I_A und dem Spannungsvektor U_{RS} an der Spannungsspule von 75° . Die zwischen Gehäuse und Erde liegende Belastung beträgt damit

$$\frac{0,035 \text{ [A]} \cdot 220 \text{ [V]} \cdot t \text{ [h]}}{\sqrt{3}} = 4,46 \cdot t \text{ [Wh]}.$$

Demgegenüber könnte jedoch nur $0,035 \text{ [A]} \cdot 220 \text{ [V]} \cdot t \text{ [h]} \cdot \cos 75^\circ = 2 \cdot t \text{ [Wh]}$ gemessen werden. Von der zwischen Erde und Gehäuse liegenden Belastung von $4,46 \cdot t \text{ [Wh]}$ würden also höchstens nur $2 \cdot t \text{ [Wh]}$ gemessen, wobei ein Verlust von $2,46 \cdot t \text{ [Wh]}$ bleibt. In diesem Falle könnte bei einem Verbrauch des Elektrodenerhitzers von $2,38 \cdot t \text{ [kWh]}$ also $2,46 \cdot t \text{ [Wh]}$ oder etwa auch 1% nicht gemessen werden.

Mit einem Elektrodengerät von 10 kW Aufnahme, das aus zwei miteinander gekoppelten Erhitzern bestand, wurden ähnliche Messungen im Dreileiternetz, wie Bild 3 darstellt, vorgenommen. Der Übergangstrom I_A betrug $0,234 \text{ A}$. Der Phasenwinkel zwischen dem Übergangstrom I_A und der Spannung U_{RS} an der Spannungsspule wurde zu 70° ermittelt. Danach beträgt die zwischen

Erde und Gerät liegende Belastung $0,234 \text{ [A]} \cdot 220 \text{ [V]} \cdot t \text{ [h]} = 51 \cdot t \text{ [Wh]}$. Davon wurde vom Zähler registriert $0,234 \text{ [A]} \cdot 220 \text{ [V]} \cdot t \text{ [h]} \cdot \cos 70^\circ = 14,9 \cdot t \text{ [Wh]}$. Nicht gemessen wurden vom Zähler damit $36,1 \cdot t \text{ [Wh]}$.

Zusammenfassend wird festgestellt, daß die Verluste durch Falschmessungen bei den hier untersuchten Elektrodendurchlauferhitzern im Bereich von 1% bis 1% der aufgenommenen elektrischen Arbeit liegen, wobei die Falschregistrierungen im Dreileiternetz ohne Nulleiter höher sind als im Vierleiternetz. Sie befinden sich damit noch innerhalb der Beglaubigungsfehlergrenze der Zähler und können daher bei kleinen Verbräuchen vom Zähler nicht einwandfrei registriert werden. Die Höhe des Übergangstromes hängt sowohl von der Ausbildung und Anordnung der Elektroden als auch von der Art der Verbindung des Gehäuses mit der Wasserleitung ab. Beim Anschluß eines dreiphasig betriebenen Elektrodendurchlauferhitzers ist der Übergangstrom weit geringer als beim ein- bzw. zweiphasigen Anschluß.

Grundsätzlich dürften vom Standpunkt der exakten Messung der elektrischen Verbräuche die hier untersuchten Elektrodendurchlauferhitzer in einem Dreileiternetz ohne Nulleiter nicht zugelassen werden, wogegen im Netz mit Nulleiter für den Anschluß des Gerätes in dieser Hinsicht keine Bedenken bestehen.

Aussprache

Herr Th. Stiebel, Holzminden: Der Vortragende bewies die z. Z. noch bestehende technische Unmöglichkeit, einen die VDE-Bedingungen erfüllenden Elektrodendurchlauferhitzer für Anschluß an die Wasserleitung zu liefern. Die mit den auftretenden Ableitströmen verbundenen Gefahren blieben unerwähnt. Die Nutzleistung des Elektrodendurchlauferhitzers schwankt bis zu dem Verhältnis $1:4$ je nach chemischer Zusammensetzung des Wassers.

Vortragender: Zur Zeit befinden sich die Vorschriften für Elektrodendurchlauferhitzer bei der VDE-Kommission 0720 für Elektro-Wärmegeräte in Neubearbeitung. Es hat sich nämlich ergeben, daß die alten, jedoch sehr dürftigen VDE-Vorschriften für Elektrodendurchlauferhitzer einerseits zu scharf waren und andererseits dem heutigen Fortschritt der Technik nicht mehr entsprechen. Während im Ausland Vorschriften für Elektrodendurchlauferhitzer bestehen und Elektrodendurchlauferhitzer hergestellt werden, ist in Deutschland der Bau von solchen Geräten auf Grund der alten VDE-Vorschriften für Elektrodendurchlauferhitzer fast unmöglich.

Fast durchweg weist jedes Elektro-Wärmegerät einen Ableitstrom auf, wenn es sich auch nur um einen kapazitiven zur Erde abfließenden Ableitstrom handelt. Wichtig ist nur, daß der Ableitstrom eine gewisse Höhe nicht überschreitet, die für den menschlichen Körper gefährlich werden könnte.

Es ist richtig, daß die elektrische Aufnahme eines Elektrodengerätes je nach der chemischen Zusammensetzung des Wassers des jeweiligen Gebietes schwankt. Wenn man jedoch den Abstand der Elektroden auf die jeweilige Wasserzusammensetzung abstimmt, so kann man die elektrische Aufnahme beim Betrieb des Gerätes weitgehend konstant halten.

Herr H. Linckh, Berlin: Der Durchlauferhitzer stellt eine zusätzliche Verbindung zur Erde dar. Man kann daher eine richtige Messung nur erwarten, wenn man einen Vierleiterzähler verwendet.

Vortragender: Man kann nicht in kleinen Haushaltungen, in denen ein Elektrodendurchlauferhitzer angebracht ist, extra dieses Gerätes wegen einen Vierleiterzähler aufhängen. Hier wird man stets auf den viel billigeren kleinen Wechselstromzähler zurückgreifen.

Herr O. Schneider, Stuttgart: Es wäre einiges zur Sicherheitsfrage zu sagen. Die Bilder gaben den an das Wassernetz metallisch angeschlossenen Durchlauferhitzer

wieder, während die Durchlauferhitzer auf den Prinzipzeichnungen über einen Gummischlauch angeschlossen waren. Dies sind nicht ohne weiteres zu vereinbarende Gegensätze. Die verschiedene Art des Anschlusses wird andere Verhältnisse ergeben sowohl in bezug auf die Sicherheit als auch auf den nicht gemessenen Strom.

Elektrodenerhitzer in Wasserleitungen entsprechen deshalb nicht den VDE-Vorschriften, weil sie das Wasser selbst und damit auch die Metallrohre immer, mindestens theoretisch unter Spannung setzen.

Vortragender: Wenn auch der Durchlauferhitzer beim Betrieb metallisch an das Wassernetz angeschlossen wird, so ist trotzdem der Erhitzer bei meinem Versuch über einen Gummischlauch mit der Wasserleitung verbunden, weil dann eine Messung des Ableitstromes möglich ist.

Wenn sowohl das Wasser als auch die Wasserleitung des angeschlossenen Elektrodendurchlauferhitzers zumeist unter Spannung stehen, so dürfte nur diejenige Spannung von Bedeutung sein, die für den menschlichen Körper gefährlich ist.

Herr K. Hetzel, Hildesheim: Großküchen-Elektrodenkessel arbeiten zur Zufriedenheit (Nullung) als Grundlage für Elektrodendurchlauferhitzer.

Vortragender: Die Anwendung der Nullung als Schutzmaßnahme dürfte in der Regel in den meisten Stromversorgungsgebieten nicht statthaft sein, da die Leitungsnetze die in VDE 0140 geforderten 3 Nullungsbedingungen zumeist nicht erfüllen.

Herr F. Gerlach, Hannover: Es wurden im Vortrag nur die Fälle ohne Heranziehung eines Nulleiters behandelt. Man wird im allgemeinen den Nulleiter als Elektrode in zylindrischer Ausführung um die spannungsführende Elektrode herumlegen, so daß damit eine Ableitung gegen Erde praktisch gleich Null sein wird.

Ein weiterer Diskussionsbeitrag von Herrn Prof. H. F. Schwenkhagen wurde auf Wunsch des Vortragenden im Einvernehmen mit dem Diskussionsredner nicht gedruckt, da diese Ausführungen sich auf Vortragsteile bezogen, die das eingesandte Manuskript nicht enthält. Ein anderer Teil dieses Diskussionsbeitrages deckt sich mit dem Inhalt der übrigen Diskussionsbeiträge.

Gruppe G — Steuerung und Regelung

Einführung

Von G. Lesch

Das Arbeitsgebiet der Steuerung maschineller Einrichtungen und technischer Vorgänge und der Regelung von technischen Betriebsgrößen stellt mannigfaltige Aufgaben. Wenn auch die elektrischen Steuer- und Regelmethode sich elektrotechnischer Apparate bedienen, so greifen sie doch in einem großen Teil der Anwendungsfälle in die übrigen Gebiete der industriellen Technik, insbesondere des Maschinen- und Apparatebaues und der mechanischen und chemischen Technologie ein; dann werden nichtelektrische Größen gemessen, mechanische Vorgänge oder chemisch-physikalische Prozesse gesteuert und maschinelle Einrichtungen geregelt. Selbstverständlich bleibt daneben als bedeutsames Anwendungsgebiet nach wie vor die Starkstromtechnik, in der die klassischen Anwendungs- und Schulbeispiele, wie z. B. der Spannungs- und der Frequenzregler und die Parallelschaltsteuerung immer noch Gegenstand fortschrittlicher Weiterentwicklung sind. Ein wesentliches Kennzeichen ist aber die Vielseitigkeit, mit der in andere technische Gebiete hinübergreifend werden muß, wodurch manche Bedingungen entstehen, die an sich der Elektrotechnik fremd sind, aber für die elektrische Steuerung und Regelung maßgebend werden.

Mit Rücksicht auf die zur Besprechung gestellten drei Berichte beschränken wir uns im wesentlichen auf die Aufgaben der Steuerung: eine Folge von Vorgängen wird willkürlich oder selbsttätig ausgelöst und muß in bestimmter vorgegebener und planend vorausgedachter Aufeinanderfolge ablaufen, um das angestrebte Ziel zu erfüllen. Dies kann sein die Herstellung eines bestimmten elektrischen Schaltzustandes, die Erreichung eines bestimmten Belastungswertes. Häufig wird diese Vorgangsfolge in ihrem Verlauf selbsttätigen Zwischenkontrollen unterworfen, damit ihr richtiger Ablauf gesichert bleibt, damit also Fehl Vorgänge ausgeschlossen werden; dazu wird jeweils die selbsttätige Kontrolle des Vollzugs vorhergehender Teilvorgänge vorgenommen. Oder es sollen verschiedene, wahlweise vorgesehene Möglichkeiten richtig ausgewählt und dann verfolgt werden; dazu bedarf es meistens zwischengeschalteter Einzelmessungen, insbesondere wenn der weitere Ablauf oder der weitere Arbeitssinn der Steuerung vom inzwischen eingetretenen Betriebszustand abhängig sein muß.

Der eigentlichen Steuerung fehlt ein Hauptkennzeichen der Regelung, die dauernde rückwirkende Beeinflussung ihrer Betriebsgröße im korrigierenden Sinn. Darum ist der Steuerung das Problem der Stabilität fremd. Trotzdem finden wir fast in jeder Regeleinrichtung echte Steuerungsübertragungen mit eingeschaltet und umgekehrt wendet die Steuerung die gleichen Organe für die Messung und für die Verstellung an. Es handelt sich meist um recht verwickelte Schaltungs-

folgen, deren Beherrschung die volle Kunst der elektrischen Schaltungstechnik voraussetzt.

Lange Zeit war ausschließlich der selbsttätig gesteuerte Schaltkontakt das Arbeitsmittel elektrischer Steuerungen. Auch heute ist er es noch in überwiegenderem Maße. Die alte Aufgabe, daß die Steuerung zuverlässig und präzise arbeiten muß, wurde durch die Steigerung der Anforderung an die Schnelligkeit bedeutend erschwert. Die Schaltzeiten werden durch die Verwendung von Hilfsgeräten aus der Schwachstromtechnik reduziert; dadurch wird auch die Überwindung der Verzögerung der elektromagnetischen Kreise wirksam unterstützt.

Die Möglichkeiten wurden aber wesentlich erweitert durch die Einschaltung von Gleichrichtern bzw. Stromsperrern und durch die Ausnutzung des Verstärkungseffektes. Im Gegensatz zur Regelung kommt es bei der Steuerung nicht auf stetige oder möglichst feinstufige Veränderungen der Stellgröße an, vielmehr muß man die Erzielung hoher Schwellenunterschiede anstreben, um eindeutige Impulse für das sichere Funktionieren zu erzielen. Die Fachberichte werden uns einige wesentliche Fortschritte in der grundsätzlichen Methode, in den angewandten Elementen und in den Anwendungen zeigen.

Dagegen ist es wichtig, die Hauptgesichtspunkte immer wieder in den Vordergrund zu stellen, die für die wohlbewährte Anwendung elektrischer Steuerungen wesentlich sind: die Klarheit, Einfachheit und Sicherheit. Die vielseitigen Möglichkeiten, die durch die elektrische Meß-, Apparate- und Schaltungstechnik sich darbieten, erlauben die schwierigsten Aufgaben zu lösen und zu bewältigen. Sie verleiten aber zu leicht zu verwickelten Anordnungen und zur Verwendung empfindlicher Elemente. Eine technisch gute Lösung liegt erst dann vor, wenn wirklich die einfachste Methode mit möglichst anspruchslosen Hilfsmitteln gefunden wurde. Denn immer wird, von der Gesamtanlage her betrachtet oder im Hinblick auf das gesteuerte oder geregelte technologische Fabrikationsverfahren, die Steuerung selbst nur eine Hilfseinrichtung sein. Wenn wir etwa an die Steuerungsaufgaben der Antriebstechnik oder der chemischen Fabrikationsverfahren denken, muß uns auffallen, daß die Steuerung selbst in einer sachlich und menschlich gänzlich fremden Umgebung steht und arbeiten muß. Um so wichtiger ist es, daß ihre Wartung und ihre Unterhaltung keine besonderen Anforderungen stellen. Und so ist auch manches Mal, abgesehen vom Gestehungspreis, dieser Gesichtspunkt, der sich letzten Endes in der Betriebssicherheit abzeichnet, der Anlaß gewesen, daß einer recht eleganten, gut erdachten Steuerung, trotz an sich richtigen Arbeitens, doch auf die Dauer der Erfolg versagt blieb.

Transduktoren

Wirkungsweise und Anwendung magnetischer Leistungsverstärker für industrielle Regelaufgaben

Von W. Schilling

Die Entwicklung magnetischer Leistungsverstärker zeigt drei Betriebsarten:

- 1. die Induktivitätssteuerung,
- 2. die Strombegrenzungssteuerung,
- 3. die Sättigungswinkelsteuerung.

Die Induktivitätssteuerung geht von dem Gedanken aus, daß die Induktivität einer Drosselspule mittels Vormagnetisierung geändert werden kann, wenn diese auf der gekrümmten Magnetisierungskennlinie verschiedene Arbeitspunkte festlegt. Dabei arbeitet man auf dem ersten Teil der magnetischen Kennlinie bis wenig über den Sättigungsknick. Es sind um so kleinere

der verwendeten Kerne der Arbeitsleistung angepaßt ist. Damit lassen sich dann auch große Leistungen regeln. Allerdings liegt dann aber die Verstärkungsziffer nur zwischen 10 und 100. Das Prinzip der Strombegrenzung sei an zwei Transduktorelementen mit dem Windungsverhältnis 1:1 erläutert, die in der gleichen Schaltung wie in Bild 1 stehen.

Auf der Gleichstromsteuerseite möge der Gleichstrom so hoch sein, daß der Arbeitspunkt weit ins Sättigungsgebiet verlegt wird, d.h. so hoch wie die Erwärmung es zuläßt. Dann wird die Induktivität der Transduktoren maßgebend sein, die der Neigung der Kennlinie im Sättigungsgebiet entspricht, solange der Wechselstrom im Spitzenwert kleiner ist als der Gleichstrom. Der Wechselstrom ist hauptsächlich durch den Belastungswiderstand R und die Spannung U_{13} bestimmt. Wenn nun der Gleichstrom allmählich verkleinert wird, dann wird das Transduktorelement aus der Sättigung kommen, für das die Wechselstrommagnetisierung der Gleichstrommagnetisierung entgegensteht, und zwar in dem Zeitpunkt, zu dem der Zeitwert des Wechselstromes den des Gleichstromes erreicht. Es zeigt sich, daß der Wechselstromzeitwert den Gleichstrom nicht überschreiten kann, wenn das Transduktorelement eine magnetische Kenn-

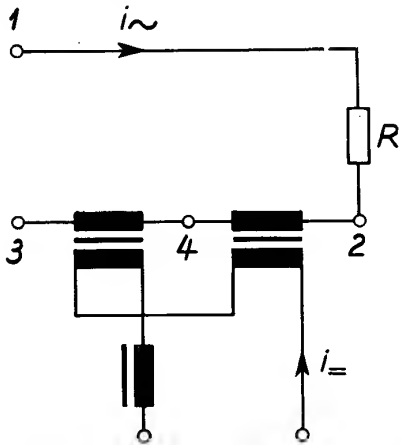


Bild 1 Grundsaltung des Transduktors mit Induktivitätssteuerung oder Strombegrenzungssteuerung

Vormagnetisierungsströme erforderlich, je besser das verwendete Eisen ist, d.h. je steiler die Kennlinie im ersten Teil verläuft. Dieser Bereich wird zahlenmäßig ausgedrückt durch die Werte der Sättigungsinduktion im Knick B_{sk} und zugehörige Werte H_{sk} der Erregung (vgl. Bild 7).

Die Grundsaltung zeigt Bild 1. Man verwendet zwei Transduktorelemente in Reihenschaltung auf der Arbeitsstromseite und in gegensinniger Reihenschaltung auf der Steuerseite. Der Steuergleichstrom $I_{=}$ legt einen Arbeitspunkt P bzw. P' für jedes der beiden Elemente fest. Befindet sich der Arbeitspunkt im steilen Bereich der Kennlinie, so ist die Induktivität groß, befindet er sich im flachen Teil der Kennlinie, so ist die Induktivität klein. Der Entwurf eines magnetischen Verstärkers nach diesem Prinzip führt zu einer relativ geringen Ausnutzung der Typenleistung der verwendeten Kernschnitte oder Ringkerne, weil bei gleicher Windungszahl der Windungen der Arbeitsstrom nur in der Größenordnung des Steuerstromes liegt, der seinerseits dem ersten Teil der magnetischen Kennlinie entspricht. Daher sind Transduktoren dieser Art nur für Meßzwecke, z.B. im Anschluß an Thermoelemente verwendbar, wo es auf die Typenleistung nicht ankommt, und als Anfangsglieder einer Verstärkerkette. Es wurden Verstärkungsziffern von 3000 bis 10 000 erreicht bei Eingangsleistungen bis herunter zu $5 \mu W$ [1]. Die Überlegungen werden unter Berücksichtigung der Hysteres-Erscheinungen wenig geändert. Durch die Art der Schaltung wird erreicht, daß der Gleichstromsteuerkreis annähernd wechsellspannungsfrei ist.

Die Strombegrenzungssteuerung führt zu magnetischen Verstärkern, bei denen die Typenleistung

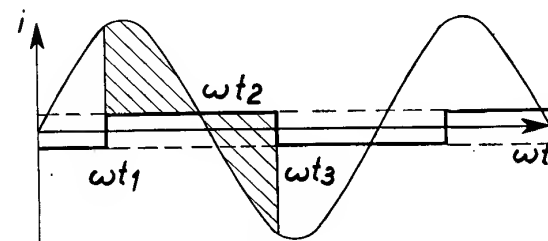
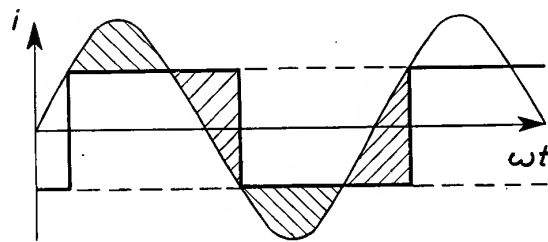
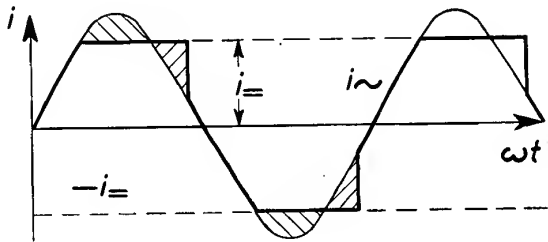


Bild 2 Wirkungsweise der Strombegrenzung bei abnehmendem Steuerstrom für den Transduktor nach Bild 1

linie hat mit relativ steilem Anstieg und ausgeprägtem Sättigungsknick¹⁾. Bild 2 gibt den Zusammenhang des Wechselstromes mit dem Gleichstrom. Es bildet sich ein rechteckiger Wechselstrom aus, dessen Höhe vom Gleichstrom bestimmt wird. Das Bild enthält den ursprünglich

1) Bild 7 ist hierbei für etwa 100fachen Maßstab für die Erregung umzuzeichnen.

sinusförmigen Wechselstrom und zeigt, daß der durch Regelvorgang abgeschnittene Teil eine Gleichheit der gestrichelten Strom-Zeit-Flächen aufweist [5, 8, 9].

Die Regelung in dieser Form hat den Nachteil, daß man im Gleichstromsteuerzweig eine Drossel braucht, um diesen für übertragene Wechselströme zu sperren, weil die Wechselspannungen an den Transduktorelementen in verschiedenen Zeitbereichen auftreten.

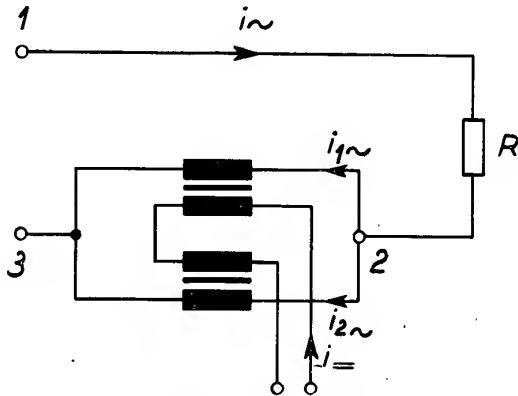


Bild 3 Grundsaltung des Transduktors mit Strombegrenzungssteuerung für wechsellspannungsfreien Steuerkreis

Die zweite Grundsaltung sieht nach Bild 3 eine Parallelschaltung der Transduktorelemente vor, wobei dann keine Wechselspannung im Gleichstromzweig auftritt. Bild 4 zeigt, in welcher Weise hier Arbeitswechselstrom und Steuergleichstrom zusammenhängen. Unten sehen wir die beiden Teilströme über die Transduktorelemente und oben den Gesamtstrom. Wir sehen, daß hier der Gesamtstrom einen Ausschnitt aus dem im Grenzfall sinusförmigen Strom darstellt. Es zeigt sich, daß der Mittelwert dieser Ausschnitte einer Halbwelle beim Übersetzungsverhältnis 1 : 1 gleich dem Gleichstrom ist. Die Regelkennlinie, Arbeitswechselstrom in Abhängigkeit vom Steuergleichstrom ist nahezu linear bis auf das Einlaufen in den Endwert U/R am Ende der Regelung [8, 9].

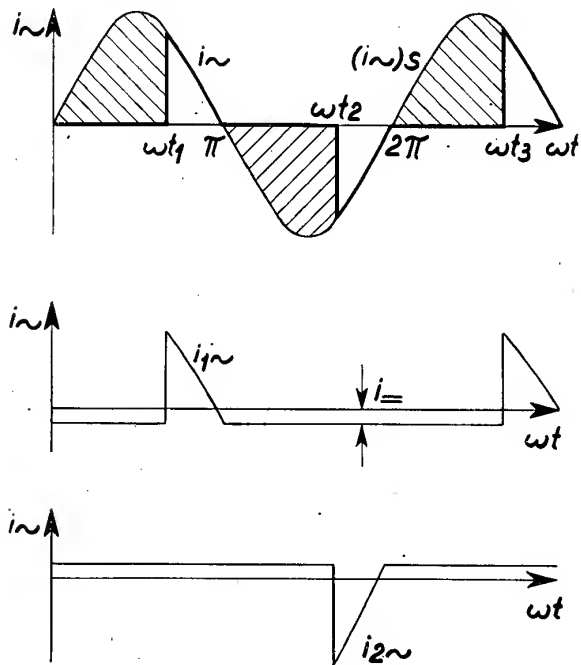


Bild 4 Wirkungsweise der Strombegrenzung bei dem Transduktor nach Bild 3

Der Transduktor, der bei Strombegrenzungssteuerung auch mit normalem Dynamoblech wie ein Einphasentransformator gebaut werden kann, hat einen Verstärkungsfaktor, der durch das Verhältnis der Arbeitsleistung zu den Kupferverlusten im Gleichstromzweig gegeben ist. Da die Typenleistung der Transduktorelemente insgesamt etwa gleich der Arbeitsleistung ist und nur etwa die halben Kupferverluste im Steuerkreis aufgebracht werden müssen, so ergibt sich ein ideeller Verstärkungsfaktor $v \approx 10 \dots 100$, je nach der Größe der Arbeitsleistung ohne Berücksichtigung der im Regelkreis außerhalb des Transduktors auftretenden Verluste. Wenn für das Transduktorelement normales Dynamoblech an Stelle von Spezialeisen mit scharfem Sättigungsknick und steilem Kennlinienanstieg gewählt wird, so heißt das nur, daß der Arbeitsstrom mehr oder weniger von der Rechteckform abweicht, indem die Flanken und die Kuppen abgerundet erscheinen.

Der Transduktor in dieser Form hat den Charakter einer „Stromschleuse“, d. h. er läßt gerade so viel Strom durch, wie von der Steuerseite vorgeschrieben wird, und zwar in weiten Grenzen unabhängig von der Spannung, solange die jeweilig von den Transduktorelementen im ungesättigten Bereich aufzunehmende Spannung nicht zur Überschreitung des negativen Sättigungsknickes führt. Allerdings ist der Stromverlauf nicht sinusförmig [11, 12, 13].

Die Sättigungswinkelsteuerung führte in der Weiterentwicklung der Transduktoren zu einer Verbesserung der Schaltung nach Bild 3 durch Verwendung von Ventilen (Trockengleichrichterelementen) in Reihe mit den Transduktorelementen. Dadurch wurde eine wesentliche Erhöhung der Verstärkungsziffer erreicht. Diese Schaltung zeigt Bild 5.

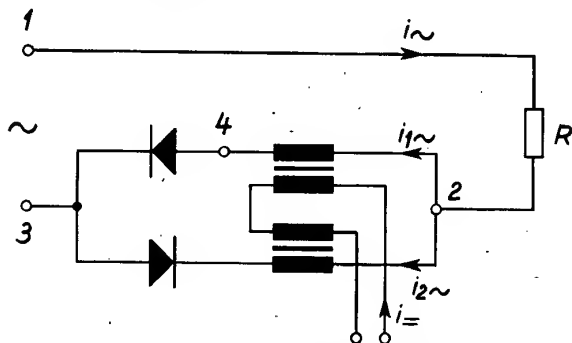


Bild 5 Grundsaltung des Transduktors mit Sättigungswinkelsteuerung für Arbeitswechselstrom

Die Einschaltung eines Ventils bewirkt einen jeweilig vom Beginn der zugehörigen positiven Halbwelle ab sich wiederholenden Einschaltvorgang. Dieser Vorgang spielt sich so ab, daß zunächst jedes Element ungesättigt ist und dann innerhalb der Halbwelle in die Sättigung umschlägt, nämlich dann, wenn der notwendige Wert Spannung mal Zeit bzw. Integralwert $\int_0^t u dt$ erreicht ist. Das veranschaulicht Bild 6. Wir sehen oben die Spannung und den Elementstrom und unten den Verlauf der Induktion im Element sowie die Elementspannung. Die Stromführung beginnt bei $\omega t = 0$ und die Spannung liegt zuerst fast ganz am Element. Die Induktion steigt bis zum Sättigungswert an. Nach Erreichen der Sättigung — es ist ein annähernd horizontaler Verlauf der magnetischen Kennlinie angenommen — wird der Strom nicht mehr durch das Element, sondern durch den Widerstand R begrenzt bzw. die Netzspannung legt sich jetzt an den Belastungswiderstand. Das Element bleibt in der Sättigung, bis infolge des Abfallens der Stromkurve wieder der relativ kleine Sättigungsstromwert erreicht ist, und dann übernimmt das Element wieder die Netzspannung,

bis schließlich der Strom absolut Null wird und das Ventil zur Sperrung kommt. Die Elementspannung zeigt deutlich die Gleichheit der Spannungs-Zeit-Flächen, die zum Aufbau und Abbau des magnetischen Feldes führen. Dieser Vorgang wiederholt sich nun in jeder Periode.

Der Regeleffekt kommt nun dadurch zustande, daß man den Zeitpunkt des Umschlagens in die Sättigung — Sättigungswinkel analog zum Zündwinkel bei elektronischen Regelungen — durch den Steuerstrom beeinflussen kann.

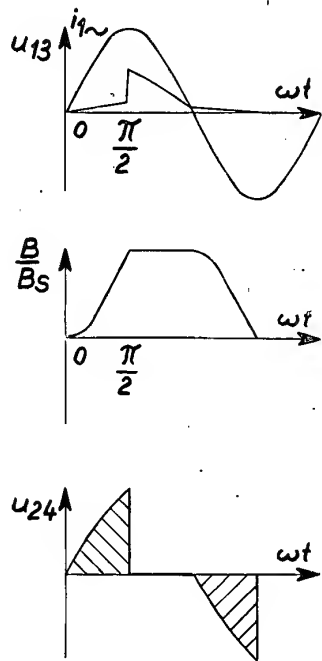


Bild 6 Strom, Induktion und Spannungsverlauf eines Transduktorelements in Bild 5

Gibt man dem Element eine im Sinne der Durchlaßrichtung des Ventiles positive Vormagnetisierung, so bedeutet das eine Verringerung der notwendigen Induktions- bzw. Flußänderung bis zur Erreichung der Sättigung. Dadurch wird der Umschlag in die Sättigung bereits zu einem früheren Zeitpunkt innerhalb der Periode erfolgen, weil ja jetzt eine geringere Spannungs-Zeit-Fläche notwendig ist. Damit legt sich ein zeitlich breiterer Ausschnitt aus dem Netzspannungsverlauf an den Belastungswiderstand, der Belastungsstrom steigt an. Wenn umgekehrt der Steuerstrom eine im Sinne der Durchlaßrichtung negative Vormagnetisierung bewirkt, wird der Umschlagszeitpunkt in die Sättigung verzögert, der Spannungsausschnitt wird zeitlich enger, der Belastungsstrom nimmt ab [10].

Man erreicht dadurch einen Strom- bzw. Spannungsverlauf an der Belastung analog einer elektronischen Regelung mit antiparallelen, gittergesteuerten Gasentladungsventilen. Es zeigt sich, daß bei ohmscher Belastung die Regelkennlinie ein Abbild der Magnetisierungskennlinie ist, und zwar des rückläufigen Astes der Hysteresisschleife A—B—C im Bild 7, allerdings bezogen auf die Nulllinie C—D—E, wobei wir zunächst als Regelkennlinie den Mittelwert der gleichgerichteten geregelten Spannung abhängig vom Steuerstrom ansehen. Man geht ja immer mit der Magnetisierung weit in die Sättigung und kehrt auf der Magnetisierungskennlinie auf den Ast A—B—C zurück, wobei der Endwert von der Vormagnetisierung bestimmt wird; das ist der Punkt P in Bild 7. Dann legt der Abstand a vom Sättigungswert den Spannungszeitbereich fest, der bis zum Umschlag in

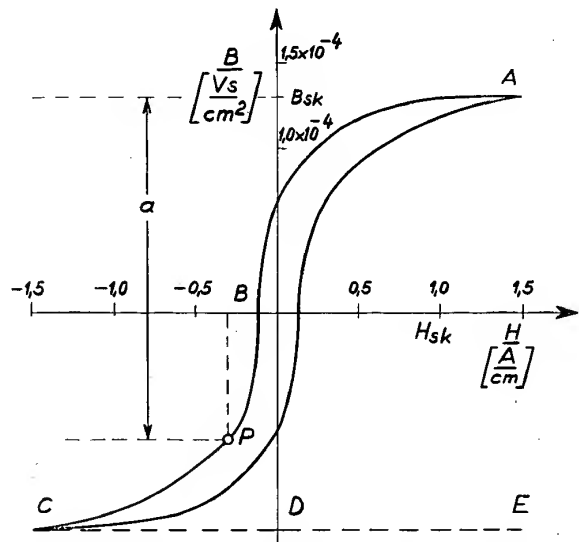


Bild 7 Hystereseschleife eines für Transduktoren verwendeten Spezialstahls

die Sättigung erreicht sein muß. Nehmen wir an, der Umschlagzeitpunkt liegt bei $\omega t = a$, dann gilt:

$$\int_0^a u_{13} d(\omega t) = \text{const} \cdot a.$$

Andererseits gilt für den Mittelwert des gleichgerichteten Arbeitsstromes $(i_{\sim}) =$:

$$(i_{\sim}) = 2 \frac{1}{2\pi} \int_a^\pi \frac{u_{13}}{R} d(\omega t) = 2 \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \frac{u_{13}}{R} d(\omega t) - 2 \frac{1}{2\pi} \int_0^a \frac{u_{13}}{R} d(\omega t) = [(i_{\sim})]_{\text{max}} - \text{const} \cdot a.$$

Weil nun aber der Abstand a von der Erregung H und damit vom Steuerstrom i_{\sim} entsprechend der Magnetisierungskennlinie abhängt, so kommt die Ähnlichkeit der Regelkennlinie und der Magnetisierungskennlinie

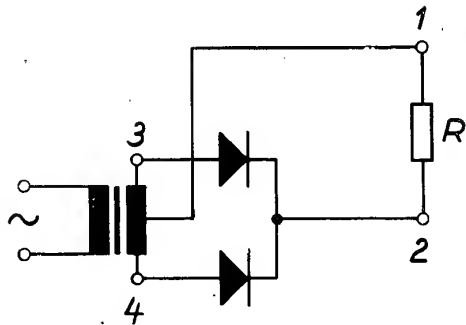


Bild 8 Grundsaltung des Transduktors mit Sättigungswinkelsteuerung für gleichgerichteten Arbeitsstrom

zustande, wie der Vergleich von Bild 7 mit Bild 9 erkennen läßt, abgesehen von Wirbelstromeinflüssen, die eine größere Breite der dynamischen bewirken [2].

Neben der antiparallelen Anordnung der Ventile nach Bild 5 wird auch die Gegentaktnordnung nach Bild 8 angewandt, die deutlich die Analogie zur entsprechenden Stromrichterschaltung zeigt. Auch die weiteren Schaltmöglichkeiten sind den Stromrichterschaltungen analog, insbesondere auch die mehrphasige Form. Diese Schaltart wird vor allem dann gewählt, wenn Gleichstromverbraucher geregelt werden sollen.

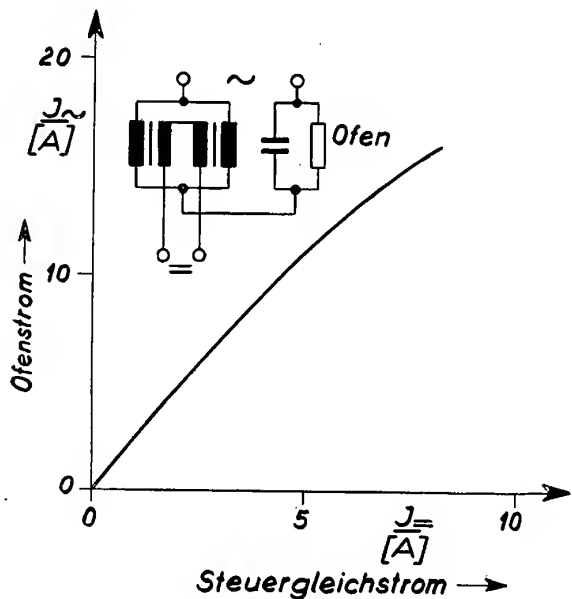


Bild 9 Regelkennlinie eines Transduktors mit Strombegrenzungssteuerung nach Bild 3

Der Transduktor in dieser Form hat den Charakter eines Spannungsreglers, wobei dann allerdings eine Verzerrung der Spannung auftritt.
Da der Steuerstrom nur innerhalb des kleinen Bereiches des Anstiegs der magnetischen Kennlinie liegt, so werden jetzt wesentlich höhere Verstärkungsziffern

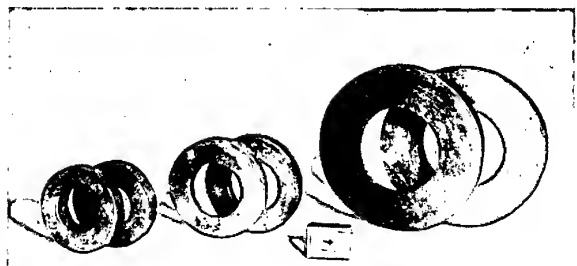


Bild 10 Ringkerne aus einer Typenreihe für Transduktoren

erzielt. Diese liegen je nach Eisensorte zwischen 1000 und 100 000 [4, 6, 14, 15].
Bild 9 zeigt die Regelkennlinie, die an der Endstufe eines transduktorgeregelten 6 kW-Industrieofens aufgenommen wurde. Man hat hier Strombegrenzungssteuerung gewählt und die Transduktorelemente aus normalem Dynamoblech hergestellt. Bei Strombegrenzungs-

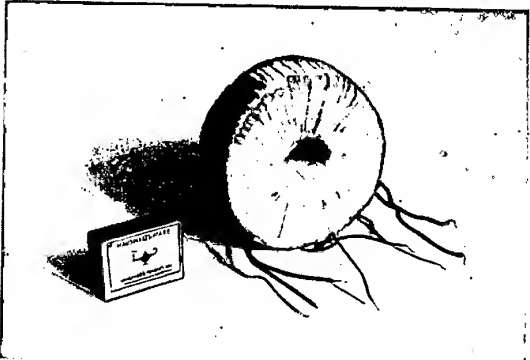


Bild 11 Bewickelter Doppelkern eines Transduktors für 75 W

steuerung ist es nicht so wesentlich, ein Spezialeisen mit steilem Anstieg der Kennlinie zu verwenden, weil man den Arbeitspunkt so weit in den Sättigungsbereich verlegt wie die Erwärmung zuläßt und die Anstiegssteilheit der Kennlinie dann nur noch die Kurvenform des Arbeitsstromes wenig beeinflusst. Der induktive Spannungsabfall des Transduktors am Ende des Regelbereiches wurde durch einen Phasenschieberkondensator parallel zur Belastung aufgehoben.
Die Kennlinie ist angegeben für das Übersetzungsverhältnis 1:1 der Wicklungen. Am Ende des Regelbereiches hat der Verbraucher die volle Spannung von 380 V und einen Strom von 16 A. Der Mittelwert der positiven Halbwelle dieses Stromes ist dann

$$\frac{16 \sqrt{2}}{\pi} = 7,2 \text{ A.}$$

Wir sehen, daß der Steuerstrom I_{Steuer} mit 8 A damit der obigen Beziehung entsprechend annähernd übereinstimmt.

Die Leistungsverstärkung am Ende des Regelbereiches ist durch das Verhältnis der Durchgangsleistung zu den Kupferverlusten auf der Steuerseite gegeben. Es wurde hier $\nu = 43$ erzielt, d. h. man muß 140 W auf der Regelseite zur Verfügung haben. Bei automatischer Regelung wird man daher eine oder mehrere Vorstufen brauchen,

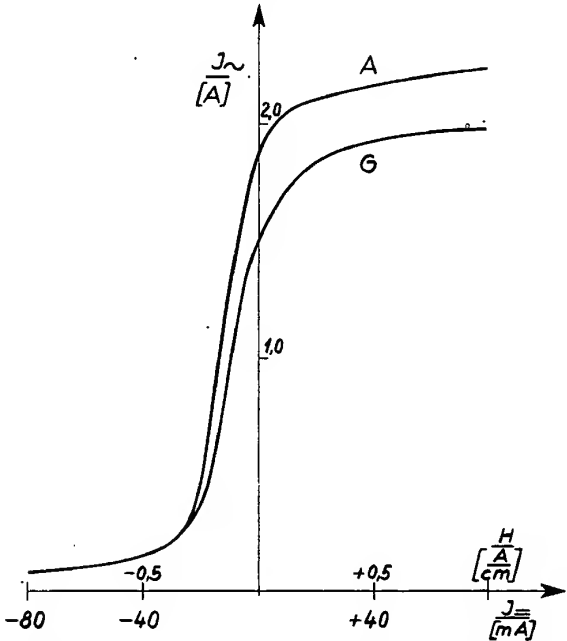


Bild 12 Regelkennlinie des Transduktors nach Bild 11 mit Sättigungswinkelsteuerung für Schaltung nach Bild 5 (Kurve A) und nach Bild 8 (Kurve G).

um mit den Steuerleistungen z. B. von Thermoelementen regeln zu können. Diese Vorstufen werden dann zweckmäßig nach der Sättigungswinkelsteuerung ausgeführt. Die Verwendung von Ventilen in der Endstufe wäre bei großen Leistungen unwirtschaftlich.
Für die Sättigungswinkelsteuerung wird man Spezialeisenkerne (Bandeisenkerne) mit möglichst steilem Anstieg der Magnetisierungskennlinie wählen, wenn höchste Verstärkungsziffer und auch wenn hohe Regelgeschwindigkeit gefordert wird [2, 3]. Bild 10 zeigt aus einer Typenreihe solche Bandringkerne und Bild 11 einen fertig gewickelten Transduktor. Man hat hier die beiden Transduktorelemente zu einem Stück zusammengefaßt, indem die Gleichstromsteuerwicklung die beiden Ringkerne mit den Arbeitswicklungen gemeinsam umfaßt. Das hat den Vorteil, daß Kompensation der übertragene Wechselspannungen in jeder Windung erfolgt und an der Gleichspannungswicklung keine Wechselspannungen auftreten.

Bild 12 zeigt die in der Schaltung nach Bild 5 (Kurve A) und nach Bild 8 (Kurve G) mit Sättigungswinkelsteuerung erzielte Regelkennlinie. Es sind sowohl die Steuerströme direkt als auch die Erregung angegeben. Wenn wir als Hauptregelbereich den von -20 mA bis $+10\text{ mA}$ ansehen, dann wird hier eine Verstärkung von $\nu = 5000$ erreicht. Durch Verwendung einer besseren Eisensorte kann man noch den Faktor 10 gewinnen [2, 3].

Eine wichtige Rolle spielt in der praktischen Anwendung die Frage der Regelgeschwindigkeit bzw. der Zeitkonstanten. Es zeigt sich, daß die Ansprechzeit eines Verstärkers (der zeitliche Abstand zwischen Steuerstromimpuls und Entstehung des zugehörigen Arbeitsstromes) um so größer wird, je größer die Verstärkungsziffer ist. Der Anstieg des Steuerstromes hängt ab von der Induktivität des Steuerkreises im Verhältnis zum ohmschen Widerstand. Nach Erscheinen des Steuerstromes ist der Arbeitsstrom innerhalb einer Periode erreicht, weil es sich ja in der Sättigungswinkelsteuerung um in jeder Periode neu beginnende Einschaltvorgänge handelt. Man kann nun die Zeitkonstante des Steuerkreises durch Zuschalten eines ohmschen Widerstandes in bekannter Weise herabsetzen; das bedingt aber naturgemäß eine erhöhte Steuerleistung. Der Transduktor nach Bild 11 hat eine Ausgangszeitkonstante von $\tau = 0,6\text{ s}$ bei der oben angegebenen Verstärkung von $\nu = 5000$, und diese würde bei Zuschaltung eines Widerstandes vom 9fachen Ausgangswert auf $\tau = 0,06\text{ s}$ zurückgehen, wobei jedoch die Verstärkung auf $\nu = 500$ zurückgehen wird. Mit einer besseren Eisensorte wurden Ausgangswerte von $\nu = 14200$ und $\tau = 0,75\text{ s}$ gemessen, die auf $\nu = 1000$ und $\tau = 0,006\text{ s}$ zurückgehen. Hierin sieht man die enge Verbindung von Verstärkungsziffer und Zeitkonstante. Gerade für den Vergleich von magnetischen (von elektronischen Reglern ist das wichtig, da der elektronische Regler diese Zeitverzögerung nicht zeigt.

Der Transduktor tritt auf dem Gebiete der industriellen Regelung — Spannungs-, Strom-, Drehzahl-, Temperaturregelung usw. — in erfolgreichen Wettbewerb mit den elektronischen Reglern. Er ist überall da überlegen, wo die Lebensdauer der Stromrichter oder ihre Stoßempfindlichkeit störend sind. Der Transduktor kann genau wie der Stromrichter auch als Schalter oder Relais benutzt werden, z. B. als Schalter zur Ein-Aus-Schaltung von Schweißmaschinen. Die Schaltungen zur automatischen Regelung schließen sich an die bekannten Möglichkeiten für die Art und den Anschluß des Fühlers an die zu regelnde Größe an [5, 7, 16, 17, 18].

Schrifttum:

- [1] W. Geyger: Magnetische Nullstrom-Verstärker. ATM, 634—2, Juni 1941.
- [2] Heraeus-Vakuumerschmelze, Firmenschrift, Weichmagnetische Werkstoffe, Ausgabe 1951.
- [3] H. Fahlenbrach: Neuentwicklungen auf dem Gebiete der magnetischen Werkstoffe. VDI-Bd. 92 (1950) S. 565.
- [4] U. Lamm: Some Fundamentals of a Theory of the Transductor or magnetic Amplifier. AIEE-Transactions 1947.
- [5] U. Krabbe: The Transductor Amplifier, its manner of action and comments on its use for automatic regulation. Diss. D. T. H. Copenhagen. Einar Munkshaard, Copenhagen 1947.
- [6] I. H. Reynier: The Magnetic Amplifier. London 1950.
- [7] F. N. McCulture: Applications of Magnetic Amplifiers. El. Eng. 1950 S. 538.

- [8] W. Schilling: Vormagnetisierte Elsendrosseln für Regelkreise. E. u. M. 59. (1941), S. 397.
- [9] W. Schilling: Grundlagen einer Theorie des magnetischen Verstärkers I. ETZ 71 (1950), S. 7.
- [10] W. Schilling: Grundlagen einer Theorie des magnetischen Verstärkers II. ETZ 1951, H. 11, S. 365.
- [11] H. G. Milnes: A New Theory of the Magnetic Amplifier. Proc. El. Eng. 97 (1950), S. 460.
- [12] Milnes: Magnetic Amplifiers. Proc. El. Eng. 96 (1949), S. 90.
- [13] H. M. Gale and P. D. Atkinson: A Theoretical and Experimental Study of the Series-Connected Magnetic Amplifiers. Proc. El. Eng. 96 (1949) S. 99.
- [14] U. Krabbe: The Transductor, Principle and Application. Asea-Journal 20 (1947), S. 119.
- [15] S. E. Hedstroem and F. Borg: Transductor Fundamentals. Electronics (1948), S. 88.
- [16] S. E. Hedstroem: The Use of Transductor Regulators with Booster Exciters. Asea-Journal 23 (1950), S. 23.
- [17] E. I. Johnson and H. G. Schäfer: A Magnetic Amplifier Frequency Control. El. Eng. 69 (1950), S. 445.
- [18] T. R. Specht and Wagner: Use of Current Transductor in the Aluminium Industry. El. Eng. 69 (1950), S. 828.

Aussprache

Herr O. Grebe, Olpe i. Westf.: Wie groß war die Zeitkonstante der gezeigten Ofenregelung?

Vortragender: Die natürliche Zeitkonstante ist einschließlich der Vorverstärker etwa 4 s. Das ist für eine Ofenregelung tragbar. Für andere Anwendungen kann die Zeitkonstante herabgesetzt werden — bis auf $1/10\text{ s}$ — durch zusätzliche Widerstände im Steuerstromkreis und durch Rückkopplung; dabei muß u. U. die Zahl der Stufen erhöht werden, um den Verstärkungsfaktor einzuhalten. (Vgl. H. Stroom, Electr. Eng. 69 [1950] S. 623.)

Herr H. Braun, Mülheim/Ruhr: Die Einschwingzeit ist direkt proportional dem Leistungsverstärkungsgrad und umgekehrt proportional der Speisefrequenz des magnetischen Verstärkers.

Die höchsten Verstärkungsgrade in einer Verstärkerstufe sind nur möglich unter Anwendung der sog. „Selbstsättigungsschaltung“ ($\nu_N \leq 10^6$).

Zur Nomenklatur bitte ich sich zu äußern, warum die Bezeichnung „Transduktor“ und nicht „magnetischer Verstärker“ benutzt wird.

Vortragender: Die Speisefrequenz legt durch ihre Halbwelldauer die untere Grenze der Ansprechzeit fest. Für industrielle Regelaufgaben mit 50 Hz-Speisung heißt das, daß die untere Grenze der Einschwingung $1/100\text{ s}$ ist. D. h., wenn selbst der Gleichstrom-Steuerstrom in kürzerer Zeit einschwingen würde, könnte sich frühestens innerhalb einer Halbperiode die Arbeitsstromänderung ausbilden.

Die Selbstsättigungsschaltung ist identisch mit der hier behandelten Sättigungswinkelsteuerung. Der in der ausländischen Literatur gebräuchliche Ausdruck „Selbstsättigung“ darf nicht dazu führen, den beschriebenen Vorgang bis zur Erreichung des Umschlages in die Sättigung als Rückkopplung aufzufassen. Eine Rückkopplung ist außerdem möglich bei geeigneter Verschiebung der Kennlinie.

Der Ausdruck „Transduktor“ stammt aus dem Laboratorium der ASEA, wo unter Führung von Dr. Lamm besondere Pionierarbeit auf dem Gebiet der magnetischen Verstärker geleistet wurde. Der Name „magnetischer Verstärker“ drückt nicht so sehr den Starkstrom-Charakter des Transdukters aus

Fortschritte in der Selbststeuerung von Wasserkraftanlagen

Von H. Curion

Die Aufgabe der Selbststeuerung eines Wasserkraftwerkes ist es, einen Maschinensatz von einem Betriebszustand, z. B. Stillstand, mit Hilfe eines einzigen Befehls in einen anderen, z. B. Generatorbetrieb, zu überführen. Der Befehl selbst kann dabei örtlich bzw. über geeignete Fernsteuereinrichtungen von einem Schalter gegeben werden; er kann aber auch von selbsttätig arbeitenden Schaltern oder Relais ausgelöst werden, die z. B. das Steigen eines Wasserstandes oder das Ab-

sinken der Netzfrequenz erfassen. Bei jeder derartigen Betriebszustandsänderung sind zahlreiche Einzelvorgänge in ganz bestimmter Reihenfolge auszuführen, die zum Teil einen rein hydraulisch-mechanischen Charakter (z. B. das Öffnen von Kugelschiebern usw.), teils aber auch rein elektrischen Charakter (z. B. den Synchronisiervorgang) besitzen.

Von einer Selbststeuerung muß verlangt werden, daß alle Einzelvorgänge und damit der Gesamtvorgang mit

mindestens gleicher oder möglichst größerer Betriebssicherheit erfolgen, als dies bei Handsteuerung mit bestens geschultem Personal möglich ist. Außerdem soll die Schnelligkeit bei einer Selbststeuerung ganz wesentlich die einer Handsteuerung übertreffen. Die Aufgabe des projektierenden Ingenieurs ist es nun, diese Forderungen mit wirtschaftlich vertretbaren Mitteln zu erfüllen, wobei nicht allein der stückzahl- und preismäßige Aufwand an Geräten und Apparaten, sondern immer mehr auch deren Größe und damit deren Raumbedarf eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen.

Als man vor nunmehr etwa 25 Jahren in Europa anfang, selbstgesteuerte Wasserkraftwerke zu bauen, lag es zunächst nahe, die einzelnen Teilvorgänge, z. B. beim Anlauf eines Maschinensatzes, zeitlich gestaffelt nacheinander ablaufen zu lassen. Diese Methode könnte sich jedoch nicht durchsetzen, auch wenn sie nach und nach dadurch etwas verbessert wurde, daß einzelne Meldungen und Messungen in den zeitlichen Ablauf eingefügt wurden, die den ordnungsgemäßen Verlauf des Vorganges kontrollieren sollten. Von einer derartig aufgebauten Selbststeuerschaltung kann aber nicht viel mehr verlangt werden als von einem mäßig ausgebildeten Maschinisten, der, ohne selbst viel zu denken, nur nach einem streng vorgeschriebenen Plan arbeitet.

Die heute üblichen Schaltungen von Selbststeuereinrichtungen verwenden im allgemeinen keine zeitlichen Abhängigkeiten im Ablauf der Einzelvorgänge. Sie sind im Prinzip aufgebaut aus Meldungen, Messungen und Befehlen; Meldungen, wenn festzustellen ist, ob ein elektrischer Schalter ein- oder ausgeschaltet, ob ein Kugelschieber geöffnet ist usw.; Messungen, wenn man feststellen will, ob eine Spannung, eine Frequenz, ein Druck oder ein Durchfluß von bestimmter Größe vorhanden ist; Befehle, die an einen Schalterantrieb, an einen Kugelschieber, einen Drehzahlverstellmotor usw. gegeben werden. Sämtliche Meldungen und Messungen, die entweder direkt in Form von elektrischen Kontaktgaben zur Verfügung stehen oder die durch entsprechende messende Relais in solche umgewandelt werden, werden mit Hilfe von mehr oder weniger zahlreichen Hilfsrelais in einer Folge- und Verriegelungsschaltung zur Abgabe der einzelnen Befehle herangezogen. Die Gesamtschaltung kann man betrachten als einen vom projektierenden Ingenieur einmal vorgedachten, festgehaltenen und erstarrten Gedankenablauf, der dann beliebig oft ablaufen und bei geschicktem Aufbau in jeder beliebigen Phase des Gesamtvorganges begonnen oder beendet werden kann, was zuweilen bei wechselweiser Umschaltung von Hand- auf Selbststeuerung und umgekehrt verlangt werden muß. Die Schaltung kann alles erfüllen, was der Projektteur an Gedankenarbeit in ihr festgelegt hat, darüber hinaus kann sie nichts Weiteres.

Die Hauptschwierigkeit beim Entwurf derartiger Schaltungen besteht darin, daß man sich für den Gesamtaufbau nicht an mehr oder weniger einheitliche Normen halten kann, weil der hydraulisch-mechanische Aufbau der Werke stark voneinander abweicht, je nachdem ob es sich um ein Hoch-, Mittel- oder Niederdruckwerk handelt. Schon die Wassereinlaßorgane, bei denen es sich z. B. um Kugelschieber, Ringschieber, Drosselklappen, Fallschützen usw. handeln kann, erfordern jeweils eine andere Art der Steuerung. Hinzu kommt noch, daß die verschiedenen Turbinen und Turbinenregler bauenden Firmen verschiedene Verfahren beim selbsttätigen Anlauf ihrer Turbinen verwenden und diesen mehr oder weniger mit hydraulischen Mitteln lösen, die der Elektrotechniker das einmahl nur anstoßen, in die er aber das anderemal wesentlich tiefer eingreifen muß. Wenn aber schon der rein maschinelle Teil der Wasserkraftwerke mit ihren verschiedenartig ausgebildeten Haupt- und Hilfsmaschinen eine Maßarbeit darstellt, so ist es nicht verwunderlich, wenn auch die Selbststeuereinrichtungen

als solche zu betrachten sind, wenn auch für gewisse, rein elektrische Vorgänge, wie z. B. den Spannungsabgleich, die Frequenzeinregelung sowie den Parallelschaltvorgang, eine gewisse Vereinheitlichung geschaffen werden konnte.

Die verwendeten Geräte und Apparate müssen nicht nur elektrisch, sondern auch mechanisch den gestellten Anforderungen genügen. Je nachdem, an welcher Stelle sie montiert werden, ist besonderer Wert auf eine mehr oder weniger robuste mechanische Ausführung zu legen. So muß z. B. ein Endschieber, der am Turbinenleitrad oder am Kugelschieber montiert wird, mechanisch sehr kräftig ausgeführt sein, auch wenn seine Kontakte nur wenige mA schalten müssen. Für den Übergang von der rein elektrischen Verriegelungs- und Befehlsschaltung auf die hydraulischen Ausführungsorgane, wie Kugelschieberantrieb, Leitradservomotor usw., werden Ventilantriebe benötigt, die elektrisch betätigt irgendeinen durch Drucköl gesteuerten Vorgang einleiten. Hierzu verwendet man neuerdings mit gutem Erfolg Druckluftantriebe, die ähnlich aufgebaut sind wie ein Druckluftschalterantrieb. In enger Zusammenarbeit mit den Turbinenfirmen ist es für größere Anlagen gelungen, kombinierte Turbinen- bzw. Pumpenleitstände zu bauen, in denen neben den hydraulischen Steuerventilen mit ihren elektropneumatischen Antrieben auch die anzeigenden und messenden Geräte, wie z. B. Druckschalter usw., vereinigt werden konnten, so daß im Aufbau eine wesentlich bessere Übersichtlichkeit und eine Vereinfachung der elektrischen Leitungsführung erzielt werden konnte.

Bei den rein elektrischen Geräten sind in den letzten Jahren sehr wesentliche Fortschritte erzielt worden. Ähnlich wie in der Schutztechnik verwendet man auch bei der Selbststeuerung mehr und mehr die außerordentlich zuverlässigen Drehspulrelais, wobei je nach Verwendungszweck eine Schaltungskombination mit Gleichrichtern, Kondensatoren, Drosseln usw. die Erfassung fast aller erdenklichen elektrischen Meßwerte mit der gleichen Relaisart möglich macht.

Der schwierigste Vorgang bei einer Selbststeuerung ist der Parallelschaltvorgang mit dem vorher notwendigen Spannungs- und Frequenzabgleich zwischen Generator und Netz. Die hierfür vorhandenen Geräte haben ein derartiges Maß an Vollkommenheit erreicht, daß hier in absehbarer Zeit kaum mehr größere Verbesserungen zu erwarten sind. Der Spannungsabgleicher, der die Maschinenspannung auf die jeweilige Netzspannung einregeln soll, benutzt den vorhandenen Spannungsschnellregler mit seinem Sollwerteinsteller, der für diesen Zweck einen motorischen Antrieb erhält. Durch ein spannungsmessendes Relais wird die genaue Größe der Netzspannung festgestellt und der Sollwerteinsteller des Spannungsreglers über den motorischen Antrieb auf den gleichen Wert eingestellt, so daß die Maschine schon beim Hochlaufen auf den richtigen Wert eingeregelt wird, ohne daß nach dem Hochlaufen noch ein länger dauernder Vergleich der beiden Spannungen stattzufinden braucht.

Der Frequenzabgleicher benutzt das Meßwerk eines Synchronoskops, auf dessen Achse einmal ein Schleppkontakt angebracht ist, der den Regelsinn (höher oder tiefer) angibt. Weiterhin betätigt eine Nockenscheibe auf der gleichen Achse einen Kontaktsatz, der bei jeder Umdrehung des Synchronoskops einen oder mehrere Impulse dem Drehzahlverstellmotor zuleitet. Durch ein eingebautes Kondensatorzeitrelais ist es möglich, die Impulslängen in weiten Grenzen einzustellen, so daß man sich den Regeleigenschaften des Maschinensatzes weitgehend anpassen kann. Man erreicht damit weiterhin, daß dem Drehzahlverstellmotor ein Dauerimpuls zugeführt wird, solange die Drehzahl der Maschine noch weit vom Synchronismus entfernt ist. Der Dauerimpuls

wird dann allmählich in Einzelimpulse aufgelöst, deren Länge konstant, deren Abstand voneinander jedoch mit zunehmender Annäherung an den Synchronismus immer größer wird. Um bei Drehzahlgleichheit von Maschine und Netz ein Hängenbleiben der Maschine in Phasenopposition zu verhindern, erhält das Impulsgabewerk einen weiteren Antrieb in der Art eines Vortriebes durch einen Synchronmotor. Hierdurch regelt der Frequenzabgleicher nicht genau auf Drehzahlgleichheit, sondern auf einen Schlupf von etwa 0,2 %.

Mit den selbsttätigen Parallelschaltgeräten, die ihre absolute Zuverlässigkeit nunmehr schon seit nahezu 20 Jahren immer wieder unter Beweis gestellt haben, ist es möglich, Maschinen bis zu einem Schlupf von etwa 1 % einwandfrei parallel zu schalten. Das ist dadurch möglich, daß das messende Organ mit Hilfe der gleichgerichteten Summen- und Differenzspannungen einmal eine Winkelmessung und gleichzeitig unter weiterer Zuhilfenahme von Kondensatoren oder Drosseln eine Schlupfmessung vornimmt. Dadurch ist das Gerät in der Lage, den Zeitpunkt der Befehlsgebung an den Leistungsschalter so genau zu bestimmen, daß unter Berücksichtigung der genauen Einschaltzeit des Schalters dieser seine Hauptkontakte genau bei Phasengleichheit schließt, unabhängig davon, bei welchem Schlupf (bis zu dem einstellbaren Grenzwert von etwa 1 %) die jeweilige Schaltung erfolgt.

Abgesehen von einigen technischen Verfeinerungen hat sich die prinzipielle Wirkungsweise der drei soeben kurz beschriebenen Geräte in den letzten 10 Jahren nicht sehr wesentlich geändert. Dagegen hat sich im konstruktiven Aufbau in den wenigen Jahren nach dem Kriege eine Wandlung vollzogen, die richtungweisend für die gesamte Steuer- und Selbststeuertechnik zu sein verspricht. Der äußere Vergleich zwischen einem Parallelschaltgerät aus dem Jahre 1944 und einem heutigen zeigt, daß das heutige Gerät nur noch etwa ein Drittel so groß und so schwer ist, trotzdem die Leistungsfähigkeit und Betriebssicherheit noch gesteigert und die Einstellung bei der einmaligen Inbetriebnahme wesentlich vereinfacht werden konnten.

Dies wurde nur dadurch möglich, daß man beim Aufbau des Gerätes fast ausschließlich Bauelemente aus der Schwachstromtechnik verwendet hat. In der Starkstromsteuertechnik hat man bisher nur sehr selten von diesen Schwachstromelementen Gebrauch gemacht, was einmal wohl darauf zurückzuführen ist, daß die früher erforderlichen Schaltleistungen mit den kleinen Relais nicht zu bewältigen waren und daß die Isolation der Schwachstromgeräte nur eine maximale Betriebsspannung von 60 Volt zuläßt. Bezüglich der Schaltleistung sind die Forderungen in den letzten Jahren wesentlich zurückgegangen, was z.B. auch mit der Verwendung von Druckluftantrieben zusammenhängt. Bezüglich der Isolationsfestigkeit besteht nach wie vor die Forderung, als Betätigungsspannung in Kraftwerksanlagen 110 oder sogar 220 Volt Gleichstrom zu verwenden. Ein Schwachstromrelais läßt sich mit der hierfür nötigen Prüfspannung nicht ausführen.

Wenn man sich trotzdem dazu entschlossen hat, bei dem soeben erwähnten Gerät Schwachstromelemente zu verwenden, so müssen dafür besondere Gründe vorgelegen haben. Außerdem müssen auch besondere Maßnahmen ergriffen worden sein, um die Isolationschwierigkeiten zu überwinden. Der Vorteil dieser Bauelemente liegt einmal in ihrer räumlichen Kleinheit, vor allem aber in der absoluten Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit dieser Relais und Teile, die millionenfach erprobt wurden und sich immer wieder bewährt haben. Hinzu kommt noch, daß diese Schwachstromelemente in Starkstromsteueranlagen meistens nur zu einem Bruchteil den Beanspruchungen ausgesetzt sind, für die sie in der Schwachstromtechnik eigentlich gebaut sind. Es kann

daher mit Recht darauf hingewiesen werden, daß bezüglich der Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit die Schwachstrombauelemente auch von noch so robust aussehenden Starkstromgeräten kaum übertroffen werden können, solange man von diesen Geräten nichts Unbilliges verlangt.

Es war also nur noch die Frage, wie man mit der unbedingt erforderlichen Isolationsfestigkeit fertigwerden sollte. Nun gibt es aber in der Starkstromsteuertechnik ein Gebiet, in welchem schon seit mehr als 20 Jahren solche Schwachstromelemente mit bestem Erfolg angewendet werden, nämlich die Fernsteuertechnik und hier speziell die Wählerfernsteuerung. Diese Einrichtungen arbeiten zumeist mit normalen Telefonrelais und Wählern, die mit 24 Volt Gleichstrom betrieben werden. Bei der Abgabe von Befehlen an die Schalterantriebe schaltet der Fernsteuertechniker zwischen Fernsteuerapparat und Schalterantrieb ein sogenanntes Steuerzwischenrelais, welches starkstrommäßig isoliert ist, dessen Spule von den Kontakten der Fernsteuerapparat mit 24 Volt gesteuert wird und dessen Kontakte eine beliebige Steuerspannung bis 220 Volt Gleichspannung mit der erforderlichen Schaltleistung bewältigen können. Will man in umgekehrter Richtung Meldungen von Schalterstellungen über die Fernsteuereinrichtung übertragen und dabei nicht zulassen, daß die 24 Volt Betätigungsspannung z.B. über die Schalterhilfskontakte in einer Freiluftstation geschleift wird, so schaltet man auch hier ein Abriegelungsrelais zwischen Schalterkontakte und Fernsteuerapparat. In diesem Falle wird nun die Spule für die 110 oder 220 Volt Spannung ausgelegt und von den Kontakten des Schalters gesteuert, während die Relaiskontakte selbst mit den 24 Volt der Fernsteuerapparat diese beeinflussen. An die Schaltleistung der Relaiskontakte werden dabei keine besonderen Anforderungen gestellt. In beiden Fällen, sowohl bei den Befehlen als auch bei den Meldungen, bedient man sich also geeigneter Relais, bei denen zwischen Spule und Kontakten die notwendige Isolationsklasse vorhanden ist. Auf der anderen Seite der Fernsteuerapparat, also in Richtung auf die entfernt liegende Steuerstelle, befindet sich der Übertragungskanal, z. B. eine hochspannungsgefährdete Kabelverbindung. Auch diese muß isolationsmäßig sicher von der Fernsteuerapparat getrennt werden. Da die Übertragung der Fernsteuerbefehle und Meldungen mit Wechselstrom bzw. mit Wechselstromimpulsen erfolgen kann, verwendet man hier ähnliche Mittel wie in der Hochspannungsmessungstechnik. Der Spannungs- bzw. Stromwandler bei Hochspannungsmessungen wird hier ersetzt durch den Isoliertransformator oder Ringübertrager, der nun praktisch für jede beliebige Isolation ausgelegt werden kann.

Dieses Prinzip der Abriegelung mit Relais und Transformatoren wurde nun erstmalig auf ein Gerät der Starkstromsteuertechnik übertragen, auf das Parallelschaltgerät. Ein Parallelschaltgerät ist in gewissem Sinne eine kleine Selbststeuereinrichtung. Auf ein gegebenes Kommando hin beginnt es, zwei Hochspannungen zu messen. Auf Grund der Meßergebnisse, die in einer Folge- und Verriegelungsschaltung ausgewertet werden, erteilt es dann einen Einschaltbefehl an einen Hochspannungsschalter. Dabei sind jetzt zwei Isolationsgrenzen zu beachten. Die Hochspannung beliebiger Spannungsreihe ist von der Befehls- und Meßspannung mit einer vorgeschriebenen Isolationsklasse von 2—3 kV durch den Hochspannungsleistungsschalter selbst, sowie durch Spannungswandler getrennt. Die zweite Grenze liegt im Parallelschaltgerät selbst, dem die Meßspannungen von 100 bzw. 110 Volt Wechselstrom zugeführt werden. Im Eingangskreis des Gerätes sind zwei Isolierwandler angeordnet, die diese Spannungen auf unter 60 Volt herabsetzen. Mit dieser Spannung erfolgt nun

der Meßvorgang mit Schwachstromrelais, die ihre Meßergebnisse über ihre Kontakte der Folge- und Verriegelungsschaltung zuleiten. Diese Schaltung ist wiederum aus Schwachstromrelais aufgebaut, die mit 24 Volt Gleichspannung arbeiten. Diese Gleichspannung wird einem zusätzlichen kleinen Transformator über Gleichrichter entnommen, der an eine der Hauptmeßspannungen angeschlossen ist. Das gesamte Parallelschaltgerät benötigt daher außer den beiden Meßwechselspannungen keine weitere, von außen herangeführte Gleich-Hilfsspannung. Nach Auswertung der Meßergebnisse in der Folge- und Verriegelungsschaltung wird dann der Einschaltbefehl über ein starkstrommäßig isoliertes Steuerzwischenrelais, das ebenfalls im Gerät mit eingebaut ist, an den Hochspannungsschalter erteilt. An die Kontakte dieses Relais können dabei beliebige Spannungen bis 250 Volt gelegt werden. Die Erfahrungen, die in den letzten drei bis vier Jahren bei diesem Parallelschaltgerät mit diesem Aufbausystem erzielt wurden, waren derart günstig, daß man sich entschlossen hat, nunmehr auch den Frequenzabgleicher nach den gleichen Grundsätzen aufzubauen, d. h. also weitestgehend Schwachstromelemente, Abriegelung der Meßspannungen mit Hilfe von Isoliertransformatoren und Abriegelung der Befehle durch Steuerzwischenrelais anzuwenden. Ein derartiges Gerät wurde erstmalig auf der diesjährigen Hannoverschen Messe gezeigt und vorgeführt.

Wenn es aber, wie soeben gezeigt wurde, möglich und wirtschaftlich günstiger ist, derartige Geräte, d. h. schon beachtliche Teile einer Selbststeuerausrüstung aus Schwachstrombauelementen zusammenzustellen, so taucht unwillkürlich die Frage auf, ob man nicht dann auch die gesamte Einrichtung vorteilhafterweise in ähnlicher Form baut.

Wie vorher gezeigt wurde, besteht eine Selbststeuer-einrichtung im wesentlichen aus Messungen und Meldungen, die in einer aus Hilfsrelais bestehenden Folge- und Verriegelungsschaltung zu Befehlsgaben an verschiedenartige Antriebsorgane ausgewertet werden. Für praktisch alle in Frage kommenden Meßwerte und Meldungen stehen geeignete Abriegelungsmöglichkeiten in Form von kleinen Transformatoren und entsprechend kleinen Abriegelungsrelais zur Verfügung. Da von den Steuerzwischenrelais zur Erteilung von Befehlen keine großen Schaltleistungen verlangt werden müssen, können auch diese mit verhältnismäßig kleinen Dimensionen gebaut werden, zumal in der Regel nur ein, höchstens aber zwei Kontakte benötigt werden. Es ist daher heute möglich, die Relaisausrüstung einer Selbststeuereinrichtung unter Verwendung von Schwachstrom-elementen z. B. in einem Relaischrank zusammenzufassen, der schwachstrommäßig verdrahtet werden kann und dessen Raumbedarf weniger als ein Drittel des Bedarfes für die bisher üblichen Relais tafeln in Starkstromausführung betragen wird. Ein weiterer Vorteil dieser Anordnung ergibt sich noch dadurch, daß die Abriegelungsrelais gleichzeitig noch zur Kontaktvervielfachung herangezogen werden können, so daß z. B. jeder Endschalter und Meldeschalter in der Anlage nur noch einen einzigen Kontakt für die Zwecke der Selbststeuerung zu besitzen braucht, was eine wesentliche Einsparung von Kabeladen mit sich bringt.

Nach meinem Wissen ist bis heute noch nirgends eine vollständige Selbststeuerausrüstung für Wasserkraftanlagen mit Schwachstrombauelementen durchgeführt worden. Es zeigen sich aber hier und auf vielen anderen Gebieten der Steuer- und Selbststeuertechnik bemerkenswerte Ansätze, die darauf schließen lassen, daß der Starkstromingenieur allmählich ein immer größeres Vertrauen zu diesen Elementen gewonnen hat und sie in Zukunft noch weit mehr als heute in seinen Dienst stellen wird.

Aussprache

Einführender: Herr Curion betonte die Notwendigkeit, die aus der Schwachstromtechnik entlehnten Konstruktionselemente vorsichtig zu beanspruchen. Abgesehen davon, daß die Kontaktleistung ausreichen muß, besteht folgender Unterschied: die zeitliche Prägnanz wird in den Fernmeldeanlagen viel höher in Anspruch genommen als bei der Verwendung ähnlicher Schaltelemente in einer Starkstromsteuerung, so daß bei letzterer geringe zeitliche Streuungen ohne Auswirkung bleiben. Es darf andererseits nicht vergessen werden, daß ein unzuverlässiges Arbeiten eines Relais oder eines Hilfsschützes, das etwa in einer Wählerschaltung nur eine Fehlverbindung verursacht, bei der starkstromtechnischen Verwendung unverhältnismäßige Störungsschäden verursachen kann und deshalb mit Sicherheit unterbunden werden muß.

Auch in der Schutztechnik haben sich Elemente bereits bewährt, die die Konstruktionsprinzipien der Schwachstromtechnik ausnützen und den Gewinn kurzer Schaltzeiten infolge geringerer Masse und kürzerer magnetischer Zeitkonstante bringen: selbstverständlich kann es sich dabei nicht um die einfache Herübernahme von Schwachstromrelais handeln. Wie Herr Curion schon ausführte, müssen die Isolationsanforderungen und dergleichen mehr erfüllt werden.

Die Einschaltung von Kleinspannungen für die Steuerkreise hat sich auf dem Gebiet der Werkzeugmaschinensteuerung schon seit Jahren zum Teil sehr gut bewährt.

Der von Herrn Curion ausgesprochenen Ablehnung von Zeitelementen kann nicht voll beipflichtet werden. Wenn ein Vorgang sich mit zeitlichen Schwankungen wiederholt, die klein genug sind, kann man für ihn oft vorteilhaft die feste Zeit als typisch verwenden und dadurch Vereinfachungen in der Steuerung erzielen. Ubrigens setzt die Parallelschaltsteuerung, die Herr Curion beschrieb, ja auch gleichbleibende Zeiten für die Kontaktgabe des Hauptschalters und für das Verhalten der fernzuschaltenden Maschine voraus.

Herr W. Frank e, Berlin: Begrüßenswert ist die Abkehr von der konservativen Bauausführung. Bisherige Erfahrungen mit dem Siemensschutz zeigen die Richtigkeit des Weges. Abriegelungs- und Zwischenrelais geben die nötige Spannungssicherheit.

Herr H. Langre h r, Berlin: Wird durch die Vermehrung der Hilfsspannungen bzw. der Hilfsstromquellen und der Hilfsleitungen ein Teil der Vorteile der empfohlenen Verwendung von Schwachstromrelais hinfällig oder wettgemacht?

Herr H. Franken, Bonn: Die empfohlene Anwendung von Schwachstromelementen und Kleinspannung in Verbindung mit Starkstromelementen weckt zunächst einiges Unbehagen, denn in der Vergangenheit sind solche Versuche schon bei zahlreichen Arbeitsmaschinen gemacht worden, und dabei ist im allgemeinen nicht genügend beachtet worden, daß zwischen Kleinspannungs- und Normalspannungsteil die volle Prüfspannung des höheren Spannungsbereichs angewandt werden muß, ferner für die industrielle Anwendung Kriechwege und Luftstrecken nach VDE 0110 Gruppe C gefordert werden müssen. Es wurde in der Diskussion darauf hingewiesen, daß man bei Werkzeugmaschinen niedrige Spannungen, wie z. B. 40 V, in Anwendung gebracht habe. Dazu ist aber zu sagen, daß VDE 0113 hinsichtlich der Ausrüstung der Metallbearbeitungsmaschinen von den Kleinspannungen deutlich abgerückt ist. Nach langer Diskussion ist man zu dem Entschluß gekommen, daß eine Steuerungspannung von 220 V den richtigen Wert darstellt. Bei kleineren Spannungen besteht u. a. auch die Gefahr, daß die Steuerströme zu hoch und die Hilfssteuerschaltstücke strommäßig zu hoch belastet werden. Auf der anderen Seite sind Spannungen über 220 V mit Rücksicht auf die umfangreiche Verästelung des Steuerleitungs-

systems z. B. in den Bedienungselementen nicht zu empfehlen. Die niedrigen Steuerspannungen sind hauptsächlich dadurch zustande gekommen, daß man mit hohen Spannungen, wie z. B. 500 V, schlechte Erfahrungen gemacht hat und dann sofort in das andere Extrem gefallen ist. Bei der Anwendung solcher Elemente ist höchste Vorsicht am Platze. Elemente der Wählertechnik genügen oft nicht. Sie erreichen durchaus nicht immer die Werte, die bei Starkstromschaltgeräten verlangt und erzielt worden sind. Ich verweise hierbei auf die Arbeit von Langer¹⁾, in der die höchste Beanspruchung eines Wählerelementes mit 25 Mill. Schaltungen angegeben ist, eine Zahl, die bei Schützenschaltern häufig überschritten wird. Es kommen also oft wohl nur hochwertigste Elemente, z. B. die der Fernschreibtechnik, in Betracht. Jedenfalls muß darauf geachtet werden, daß bei der Anwendung dieser Elemente die Bezirke räumlich und elektrisch klar geschieden sind, d. h. jeweils zwischen diesen Kreisen die vollen Prüfspannungen des höheren Bereichs möglich sind.

Herr H. Stühlen, Brauweiler/Köln: Die Verwendung von Schwachstromrelais in der Schutztechnik ist nicht bekannt. Für Schutzschaltungen sind Sonderkonstruktionen notwendig mit stärkeren Kontakten, besserer Isolation, die jedoch nach den Prinzipien der Schwachstromrelais-technik gebaut sein können.

Herr J. Sorge, Berlin: Sämtliche Relais und Bauelemente der Selektivschutztechnik entsprechen den VDE-Regeln (2000 Volt Prüfspannung), sind also sogenannte Starkstromrelais. Fehlschaltungen bei Steuerungen mit Schwachstromrelais werden durch die Wahl der Schaltung unbedingt vermieden.

Vortragender: In den Diskussionsbeiträgen, ebenso wie in meinen Ausführungen wurde zum Aus-

druck gebracht, daß es selbstverständlich nicht möglich ist, überall in der Selbststeuertechnik ohne weiteres Schwachstromelemente einzusetzen. Wo größere Schaltleistungen benötigt werden, z. B. zum Schalten von Motoren, Hubmagneten usw., ist heute nach wie vor das Starkstromschütz das geeignete Gerät. Das schließt natürlich nicht aus, daß in bestimmten Fällen die Spulen der Schütze auch für Kleinspannungen ausgelegt werden können, so daß diese Schütze dann den Charakter von „Steuerzwischenrelais“ annehmen.

Zusätzliche Hilfsstromquellen können vielfach vermieden werden, wie dies am Beispiel des Parallelschaltgeräts gezeigt wurde. In anderen Wechselstromsteuerungen genügt häufig der Einsatz eines einzigen Kleintransformators, der auf eine Kleinspannung transformiert und nur zur Speisung der Steuerstromkreise, z. B. von Schützen, herangezogen wird.

Wie auch schon in einigen Diskussionsbeiträgen erwähnt wurde, verwendet die Schutztechnik bis heute noch isolationsmäßig gesehen fast ausschließlich Starkstromrelais, wenn diese auch in konstruktiver Hinsicht vielfach schon stark von der Schwachstromtechnik beeinflusst sind. Die Anwendung von Schwachstrombauelementen in der Selbststeuertechnik bietet heute vor allem da technische und wirtschaftliche Vorteile, wo für Steuer- und Verriegelungszwecke viele Relais mit vielen Kontakten benötigt werden.

Mit meinen Ausführungen verfolgte ich noch den Zweck, auf eines der Gebiete der Elektrotechnik hinzuweisen, das zwischen der Starkstrom- und der Schwachstromtechnik liegt und das von den Spezialisten beider Seiten immer nur mit mehr oder weniger Unbehagen betrachtet wird. Gerade dieses Gebiet scheint aber dazu berufen zu sein, nach und nach wieder eine Annäherung zwischen den beiden Sparten der im Grunde genommen doch gleichen Technik zuwege zu bringen.

1) Zeitschrift Elektrotechnik 1948, S. 293.

Neues Verfahren zur Steuerung eines stromrichtergespeisten Umkehrantriebes

Von J. Förster

An Stelle des Leonardgenerators wird in immer stärkerem Maße der gittergesteuerte Dampfentladungs-Stromrichter für die Speisung und Steuerung mit Umkehrantrieben verwendet. Die Vorteile, die sich hierbei vor allem in wirtschaftlicher Hinsicht ergeben, sind bereits allgemein bekannt, so daß hierauf nicht eingegangen werden soll. Die Spannung des Stromrichters läßt sich genau wie beim Leonardgenerator stetig bis zur Umkehr ändern und zwar durch Verlagerung des Zündzeitpunktes der Entladungstrecken. Damit ist eine Umkehr der Leistungsrichtung möglich. Ein wesentlicher Unterschied besteht nur darin, daß der Stromrichter ein Ventil ist, d. h. der Strom nur in einer Richtung fließen kann. Dieser Tatsache muß bei Umkehrantrieben schaltungs-technisch Rechnung getragen werden.

Bekanntlich gibt es die in Bild 1 dargestellten drei Möglichkeiten stromrichtergespeister Umkehrantriebe. Die sogenannte Zweigefäß- oder Kreuzschaltung ist in der Anschaffung teuer, weil der Stromrichterteil praktisch zweimal vorhanden ist, obwohl nur immer einer der Stromrichter arbeitet. Die Eingefäßlösung mit Feldumkehr (rechts), die nach dem sogenannten Leitstromverfahren ausgeführt werden kann, ist wegen der Feldtragfähigkeit nicht für alle Fälle anwendbar. Dagegen ist die Eingefäßlösung mit Ankerumschaltung am aussichtsreichsten. Es soll ein neuer Weg für die Lösung der hierbei auftretenden Probleme gezeigt werden.

Eingefäß-Umkehrantrieb mit Anker selbstumschaltung

Ein solcher Antrieb ist einer Zweigefäßanordnung funktionsmäßig dann gleichwertig, wenn die Anker-

umschaltung nicht mehr als un stetiger Vorgang beim Umsteuern empfunden wird. Das ist praktisch dann der Fall, wenn die Umschaltzeit gegenüber der Reversierzeit klein ist, was nur mit einem reinen Trennschalter zu erreichen ist. Die eigentliche Leistungsumschaltung muß der Stromrichter übernehmen, was für ihn keine

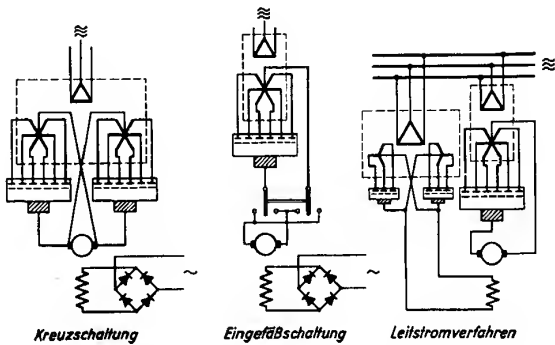


Bild 1 Reversierschaltungen für stromrichtergespeiste Motoren

zusätzliche Beanspruchung bedeutet, weil er sowieso in der Sekunde mehr als 50mal den Ankerstrom kommutiert.

In welcher Weise der Stromrichter angesteuert werden muß, um sowohl eine stromlose Trennung als auch eine möglichst stromlose Wiedereinschaltung des Polwenders zu gewährleisten, soll an Hand der schematischen

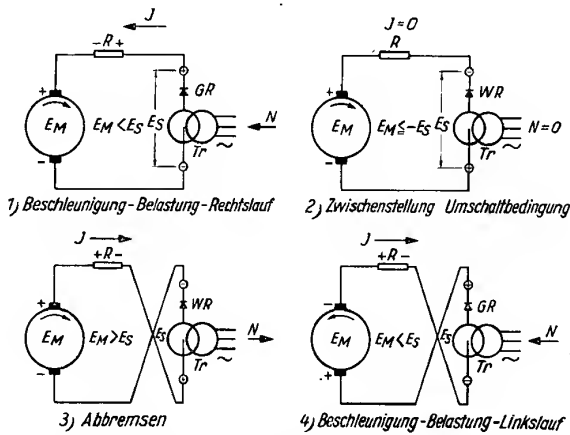


Bild 2 Vier markante Betriebszustände beim Reversieren durch Ankerumschaltung

Darstellung in Bild 2 erläutert werden. Der Motoranker mit seiner EMK E_M wird beschleunigt und kann bei gleichbleibender Drehzahl Leistung abgeben (Bild 2, 1), wenn der Stromrichter mit seiner EMK bzw. seiner gezündeten Spannung E_S als Gleichrichter arbeitet, wobei die Leistung N über den Transformator Tr dem Wechsel- oder Drehstromnetz entnommen wird. R soll der Ersatzwiderstand für den gesamten ohmschen und induktiven Gleichspannungsabfall im Motor und Stromrichter sein. Soll der Motor durch Rückgabe seiner kinetischen Energie an das Netz abgebremst werden, so kann das bekanntlich durch Aussteuerung des Stromrichters als Wechselrichter geschehen. Da sich bei gleicher Feldrichtung im Falle der Momentenumkehr die Stromrichtung im Anker umkehren muß, die Durchlaßrichtung des Stromrichters jedoch auch bei Wechselrichteraussteuerung die gleiche bleibt, ist eine Ankerumschaltung erforderlich. Der Ankerkreis kann stromlos geöffnet werden, wenn die Stromrichter-EMK E_S kleiner ist als die Motor-EMK, weil dann der Stromrichter als Ventil sperrt. Um nach Umpolung stromlos zu schließen, muß die negative Stromrichter-Gegenspannung gleich oder größer sein als die Motor-EMK. Nach der Umschaltung (Bild 2, 3) treibt die Motor-EMK den Bremsstrom gegen die Wechselrichtergegenspannung $-E_S$, wenn $-E_S$ um den Spannungsabfall über R kleiner ist als E_M . E_S kann schließlich durch Null gehen (Bild 2, 4) und seine Richtung umkehren, so daß der Stromrichter dann wieder als Gleichrichter arbeitet und der Motor mit umgekehrter Drehrichtung läuft.

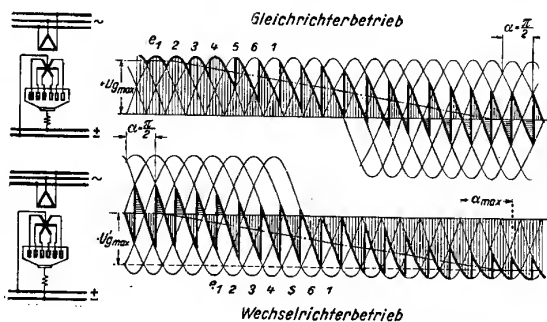


Bild 3 Steuerung von Stromrichtern im Gleich- und Wechselrichterbetrieb

Soll kein Drehrichtungswechsel, sondern nur eine Verminderung der Drehzahl durch Nutzbremmung vorgenommen werden, so muß zunächst auch umgeschaltet werden. Ist die verminderte Drehzahl erreicht, so muß wieder zurückgeschaltet werden, damit der Anker bei Gleichrichterbetrieb wieder Leistung zugeführt werden kann. Auch in diesem Fall ist eine stromlose Umschaltung ge-

währleistet, wenn der Stromrichter mit größtmöglicher Zündverzögerung, d. h. größtmöglicher Wechselrichteraussteuerung gefahren wird.

Eine Erfassung des Umschaltkriteriums ist dadurch erschwert, daß die Wechselrichtergegenspannung nicht gemessen und somit vor der Umschaltung nicht kontrolliert werden kann, ob der Stromrichter genügend weit als Wechselrichter ausgesteuert ist. In Bild 2, 2 soll die Polaritätsbezeichnung des Stromrichters nur seinen Aussteuerungszustand angeben. Seine Klemmenspannung ist natürlich identisch mit der Motor-EMK, wenn $E_S < E_M$. Wegen der Forderung, den Polwender auch stromlos wieder einzulegen, ist der Ankerstrom = Null allein kein Kriterium für die Umschaltung.

Um eine Umsteuerung des Stromrichters aus Gleich- in Wechselrichterbetrieb bei jedem Reversiervorgang zu erreichen, ist bekanntlich eine Verschiebung der Gitterimpulse um etwa 150 el. Grade erforderlich, wie das Bild 3 zeigt. Um in kurzer Zeit umzusteuern, hatte man bisher zwei Drehregler mit versetzter Phasenlage und umgekehrtem Drehsinn verwendet. Das Gittersteuergerät wurde immer an den jeweiligen Drehregler umgeschaltet. Auf die verschiedenen Nachteile dieses Verfahrens soll nicht näher eingegangen werden. Mit der Entwicklung

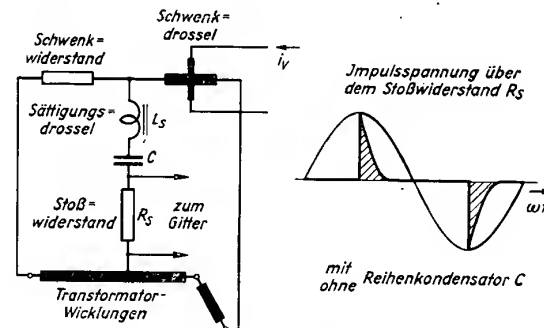


Bild 4 Schema einer Gitterimpulssteuerung mit Phasenschwenkkreis und Stoßglied

eines Steuergerätes, das die Verschiebung der Gitterimpulse rein elektrisch und daher in kurzer Zeit erlaubt, waren die Voraussetzungen für die Anwendung eines Verfahrens, das auf einer hochwertigen Regelung aufgebaut ist, geschaffen.

Das Gittersteuergerät für die Ankerselbstumschaltung

Gemäß Bild 4 ist das einphasig dargestellte Steuergerät nach dem Prinzip einer Phasenschwenkung mit einer Brückenordnung aus zwei Transformatorwicklungen, die an zwei verschiedenen Phasen liegen und wovon die eine Hauptwicklung eine Anzapfung hat, aufgebaut. Über den zwei Wicklungen liegt eine Reihenschaltung aus einem ohmschen Widerstand und einer durch Gleichstromvormagnetisierung veränderlichen Induktivität. In der Diagonale der Brücke liegt ein sogenanntes Stoßglied, bestehend aus einer Drosselspule mit rechteckiger Magnetisierungskurve, einem Kondensator und dem sogenannten Stoßwiderstand, wovon steile Gitterimpulse abgegriffen werden, so daß eine definierte, d. h. gleichzeitige Zündung mehrerer paralleler Gitter zu erreichen ist. Über dem Stoßglied ist die Wechselspannung sinusförmig. Sobald die Reihendrossel L_S gesättigt ist, springt der Strom in dem Stoßwiderstand steil an. Die Drossel wirkt also wie ein Schalter. Durch Veränderung des Vormagnetisierungsstromes I_v läßt sich die Diagonalspannung phasenverschieben und durch den hinzugefügten Schwenkzipfel auch in der Amplitude verändern, so daß eine Verschiebung des Gitterimpulses in dem erforderlichen Bereich von mehr als 150° in etwa 20 ms bzw. einer Periode erreicht wird. Mit wachsendem Vor-

magnetisierungsstrom i_v , verschieben sich die Impulse zeitlich nach vorn. Bei $i_v = 0$ hingegen wird der Stromrichter als Wechselrichter angesteuert, d. h. die Gitterimpulse sind zeitlich am weitesten zurückverschoben. Der Stromrichter ist dann gesperrt, solange der Anker nicht umgepolt ist. Es muß besonders betont werden, daß der leicht zu messende Vormagnetisierungsstrom den jeweiligen Zustand der Aussteuerung des Stromrichters angibt.

Ankerselbstumschaltung bei Drehzahl- oder Ankerspannungsregelung mit Ankerstrom- und Beschleunigungsbegrenzung

Mit Hilfe einer solchen Steuerung, die auch bei Parallelarbeit von mehreren Gittern steile und leistungsstarke Impulse abgibt, kann nicht nur die Ankerumschaltung von einem Drehzahl- oder Ankerspannungsregler selbsttätig vorgenommen, sondern auch der gesamte Umkehrvorgang automatisiert werden. Gemäß Bild 5 wird die Drehzahl mit einer Gleichstrommaschine gemessen und mit einem von Hand einstellbaren Sollwert verglichen. Die Differenz wirkt über einen Verstärker elektronischer oder magnetischer Art auf die beschriebene Gittersteuerung und damit auf den Ankerstromrichter. Wird nun der Steuerhebel im Sinne einer Drehzahlverminderung bzw. -umkehr verstellt, so wird der Verstärker schon bei relativ kleiner Abweichung zwischen Soll- und Istwert den Stromrichter umsteuern. Der Steuerstrom geht schließlich auf Null, d. h. der Regler befindet sich in einer Grenzlage. Dieses Kriterium wird für eine Umschaltung des Ankers benutzt. Gleichzeitig wird der Reglereingang umgeschaltet, so daß der Regelsinn auch bei Abbremsung erhalten bleibt. Eine Strombegrenzung gestattet eine ruckartige Betätigung des Steuerhebels aus der einen Grenzlage in die andere, so daß der Bedienende nur noch die Drehzahl vorzugeben braucht, ohne den Ankerstrom zu beachten.

Mit dem Steuerhebel wird, wenn die volle Ankerspannung erreicht ist, eine Feldschwächung zwecks weiterer Drehzahlsteigerung vorgenommen. Wird für die Feldspeisung ebenfalls ein Stromrichter verwendet, so sind für die Feldänderung nur kleine Steuerleistungen erforderlich. Bei Feldverstärkung und gleichzeitiger Abbremsung sorgt eine Ankerspannungsbegrenzung dafür, daß der Feldstromanstieg nicht schneller erfolgt, als es die abfallende Drehzahl zuläßt. Es wird dann mit maximal möglicher Bremsleistung ohne Gefährdung der Wechselrichterstabilität gearbeitet.

In Bild 6 ist die Selbstumschaltung des Ankers noch deutlicher zu erkennen. In Abwandlung zu der Darstellung in Bild 5 kann auch die Ankerspannung als Regelgröße verwendet und mit einem Sollwert verglichen werden. Stimmt die erforderliche Stromrichtung im Anker mit der möglichen des Stromrichters nicht überein, so geht der Röhrenregler immer in die Grenzlage $i_v = 0$. Dann muß und darf umgeschaltet werden, weil zwangsläufig der Stromrichter als Wechselrichter angesteuert ist. Ein Meßrelais, das bei Nullstrom abfällt, gibt dann über ein Stromstoßrelais oder ein Schrittschaltwerk das Kommando zur Umschaltung. Die Eingangsspannung des Reglers wird hierdurch ebenfalls umgepolt, so daß i_v wieder ansteigt und sich somit die Wechselrichtergegenspannung vermindert. Der einsetzende Bremsstrom wird durch die Strombegrenzung auf einem vorgegebenen Wert gehalten. Der Ankerstrom wird am einfachsten auf der Primärseite des Stromrichtertransformators gemessen und über Zwischenwandler W und Gleichrichter R_2 umgewandelt. Wird die Bürdenspannung größer als die Gleichspannung B_1 , so wird über das Ventil V_1 das Regelrohr im Sinne einer Sperrung beeinflusst, was auch eine Sperrung des Hauptstromrichters zur Folge hat. Die positive Spannung des Sollwertgebers für die Ankerspannung wird von R_1 aufgenommen. Damit ist

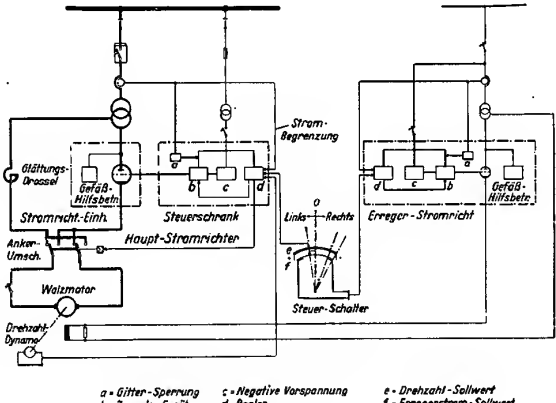


Bild 5 Umkehrstromrichter mit Ankerumschaltung

eine plötzliche Richtungsumkehr der Sollwertspannung von Hand möglich. Sobald die Ankerspannung die Höhe des Sollwertes erreicht, beeinflusst diese das Regelrohr im Sinne einer Sperrung. Bei bloßer Drehzahlverminderung geht der Regler zweimal in seine Grenzlage $v = 0$, so daß beim zweiten Male eine Rückschaltung erfolgt.

Stromstoßrelais gibt es bekanntlich im Handel. Man kann jedoch auch hierfür eine Zwei-Relais-Anordnung verwenden. Zur Messung wird ein Relais verwendet,

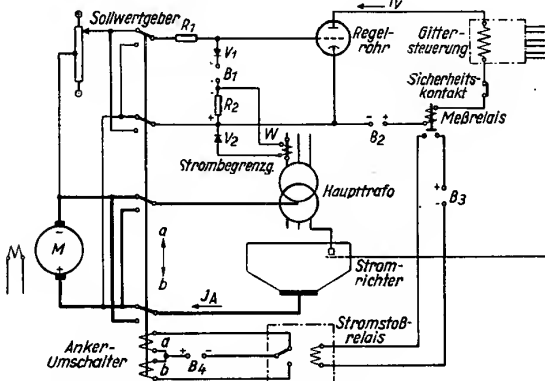


Bild 6 Stromrichter-Umkehrantrieb mit Ankerumschaltung

dessen thermische Grenzleistung groß ist gegenüber der Ansprechleistung. Mit parallel zur Spule liegenden Trockengleichrichtern läßt sich das ebenfalls erreichen.

Ein Sicherheitskontakt im Vormagnetisierungskreis kann während jeder Umschaltung geöffnet werden, wodurch unbedingt gewährleistet wird, daß der Stromrichter bei jeder Umschaltung gesperrt ist. Außer der Strombegrenzung kann auch eine Beschleunigungsbegrenzung zusätzlich vorgesehen werden, um nicht immer mit dem höchsten Spitzenstrom zu bremsen bzw. zu beschleunigen. Die Umwandlung der Beschleunigung in eine proportionale Gleichspannung erfolgt gemäß Bild 7 mit einer Gleichstrom-Tachometermaschine und einem magnetischen Verstärker, der von dem Ladestrom eines relativ kleinen Kondensators angesteuert wird.

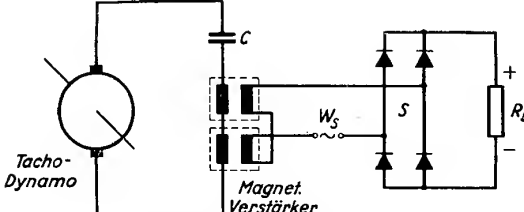
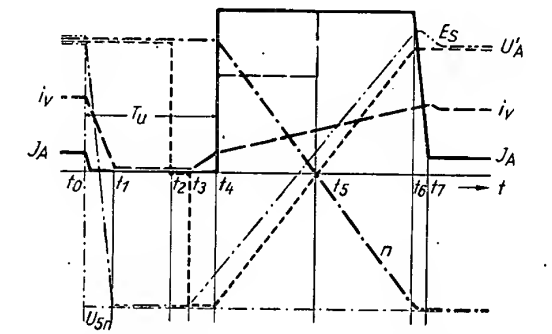


Bild 7 Meßwertumformer für Beschleunigung

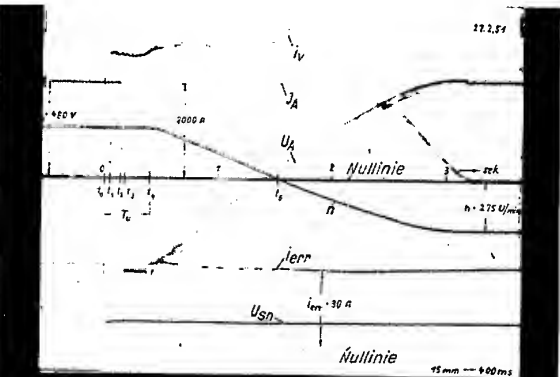


Leerlaufreversiervorgang ohne Feldverstellung

U_{Sn} - Sollwertspannung i_v - Vormagnetisierungsstrom J_A - Ankerstrom
 U_A - Ankerspannung E_S - Stromrichter-EMK n - Drehzahl

Bild 8 Stromrichter-Umkehrantrieb mit Ankerumschaltung (Betriebsgrößenverlauf)

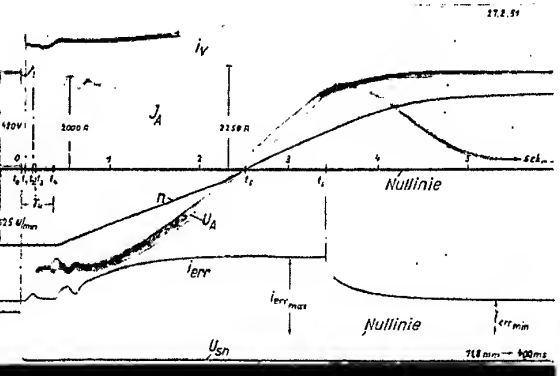
In Bild 8 ist der zeitliche Verlauf der interessierenden Größen aufgezeichnet. Wird zur Zeit t_0 die Spannung des Sollwertgebers U_{Sn} plötzlich umgepolt, so vermindert sich i_v und damit zwangsläufig die gezündete Stromrichterspannung. Zur Zeit t_1 darf die Umschaltung eingeleitet werden. Zur Zeit t_2 und t_3 öffnet und schließt



i_v - Steuerstrom J_A - Ankerstrom U_A - Ankerspannung
 n - Drehzahl i_{err} - Erregerstrom U_{Sn} - Sollwertspannung

Bild 9 Umkehrvorgang ohne Feldänderung bei einer 1000 kW-Großversuchsanlage

der Ankerumschalter, was aus dem Verlauf der Ankerspannung U_A , gemessen nach dem Polwender, hervorgeht. Auf Grund der gleichzeitigen Umschaltung des Reglereinganges steigt i_v dann wieder an, bis bei t_4 der Ankerstrom einsetzt und i_v durch die Strombegrenzung in dem zulässigen Maße weiter ansteigt. Die Drehzahl n



i_v - Steuerstrom J_A - Ankerstrom U_A - Ankerspannung
 n - Drehzahl i_{err} - Erregerstrom U_{Sn} - Sollwertspannung

Bild 10 Umkehrvorgang mit Feldänderung bei einer 1000 kW-Großversuchsanlage

läuft dann zeitlinear auf den neuen Sollwert, der bei t_6 erreicht ist, so daß J_A auf den Leerlauf- bzw. erforderlichen Arbeitsstrom abklingt. Es besteht die Möglichkeit, den Stromsollwert beim Abbremsen etwas niedriger zu halten als beim Wiederhochfahren unter Last, so daß die Beschleunigungsmomente nicht wesentlich voneinander abweichen, sofern keine Beschleunigungsbegrenzung vorgesehen wird.

Ergebnisse eines Großversuchs

Das beschriebene Verfahren wurde an einem 1000 kW-Motor, der über einen pumpenlosen Eisen-Stromrichter für einen Nennstrom von 1000 A gespeist wurde, erprobt. Der Motor hatte eine höhere Drehzahl (275/550 U/min), als das bei Umkehrmotoren, z. B. für Walzenstraßen (50/100 U/min), normalerweise der Fall ist. Das Verhältnis des GD^2 zum Moment ist hierbei ungünstiger, so daß sich bei dem zulässigen Ankerstrom etwas längere Umkehrzeiten ergeben. Das hat jedoch auf das grundsätzliche Verhalten des Antriebes keinen Einfluß.

Das oszillographische Bild 9 zeigt den Verlauf der Betriebsgrößen, wie sie schon in Bild 8 erläutert wurden. Die gesamte Zeit T_U für die Umschaltung vom Augenblick der Sollwertumschaltung bis zum Stromeinsatz beträgt hier 0,4 sec. Der Verlauf der einzelnen Größen gleicht dem theoretischen weitestgehend. Als maximaler Ankerstrom wurden 2000 A eingestellt. Der Ankerstrom läuft aperiodisch auf diesen Grenzwert. Der Erregerstrom i_{err} war hier konstant.

Eine weitere Aufnahme (Bild 10) zeigt den Verlauf bei zusätzlicher Feldverstellung. Zur Verhinderung von Ankerüberspannung durch zu schnelle Feldverstärkung wird eine Spannungsbegrenzung mit Hilfe eines Relais nach dem Tirrillprinzip vorgenommen. Die Zeit T_U betrug hier nur 0,3 sec. Die Abbremsung und Wiederbeschleunigung erfolgt mit größtmöglichem Moment, so daß sich insgesamt eine außerordentlich kurze Zeit für den gesamten Reversiervorgang ergibt. Es ist zu erwarten, daß die Verlustzeit für die Ankerumschaltung im Laufe einer weiteren Entwicklung noch herabgesetzt werden kann. Bild 11 zeigt den magnetisch gesteuerten Ankerumschalter für eine Schalthäufigkeit von 1200 Schaltungen/h, einem Dauerstrom von 3000 A_{eff} und 1200 V. Bei einer Grundfläche von 600 x 600 mm² beträgt sein Gewicht nur 120 kg.

Der Röhrenregler mit magnetischer Rückkopplung

Das Verfahren der Ankerselbstumschaltung ist selbstverständlich nicht an die Art des Röhrenreglers gebunden. Es könnte ebenso gut ein magnetischer Regelverstärker verwendet werden. Da sich jedoch bei Verwendung eines Röhrenreglers optimale Verhältnisse in bezug auf Regelschwindigkeit und Gleichförmigkeit ergeben, sollen noch einige Worte hierüber gesagt werden.

Beim Bau eines Röhrenreglers für industrielle Zwecke muß einer vergrößerten Betriebssicherheit Rechnung getragen werden, wodurch sich ein wesentlicher Unterschied gegenüber dem Rundfunkverstärker ergibt. Die Betriebssicherheit läßt sich auf den gewohnten starkstromtechnischen Stand bringen, wenn die Schaltmittel, wie Kondensatoren, Transformatoren, Widerstände, Potentiometer, Trockengleichrichter usw. überdimensioniert werden und die Röhrenzahl klein gehalten wird. Wenn bisher bei Gleichstromverstärkern eine Vergrößerung des Verstärkungsgrades durch Reihenschaltung mehrerer Stufen erreicht werden konnte, so ist in letzter Zeit eine neue Schaltung mit einer magnetischen Rückkopplung entwickelt worden, die bei großem Verstärkungsgrad nur parallelgeschaltete Leistungsröhren, z. B. Trioden mit großem Durchgriff bzw. kleiner Steilheit, benötigt. In Bild 12 ist zunächst die Schaltung und Kennlinie einer Triode angegeben. Es wird hier eine relativ große Streuspannung U_{st} bzw. Steuerleistung benötigt, um den Anodenstrom von Null bis auf den Maximal-

wert zu verändern. Bei Anwendung einer magnetischen Rückkopplung liegt im Anodenkreis ein kleiner Gleichstromwandler (unteres Bild), der aus dem Wechselstromnetz erregt und durch den Anodengleichstrom vormagnetisiert wird. Der dem Anodenstrom proportionale Wechselstrom wird gleichgerichtet und einer ohmschen Bürde im Gitterkreis der Röhre zugeführt. Diese positive Rückkoppelspannung ist demnach dem Anodenstrom proportional. Der Rückkoeffaktor kann beliebig groß gewählt werden, so daß die Röhrensteilheit jeden Wert annehmen kann. Es reicht dann schon eine kleine Steuerungsspannung U_{st} zur völligen Aussteuerung der Röhre aus. Um die erforderliche Abgabeleistung zu erreichen, können mehrere Röhren parallel geschaltet werden, was außerdem den Vorteil hat, daß bei Ausfall einer Röhre noch keine Betriebsunterbrechung eintritt.

Mit einem solchen einstufigen Verstärker kann eine Leistungsverstärkung von 10^6 ohne Schwierigkeit mit einer Eigenzeit von etwa 30 ms erreicht werden.

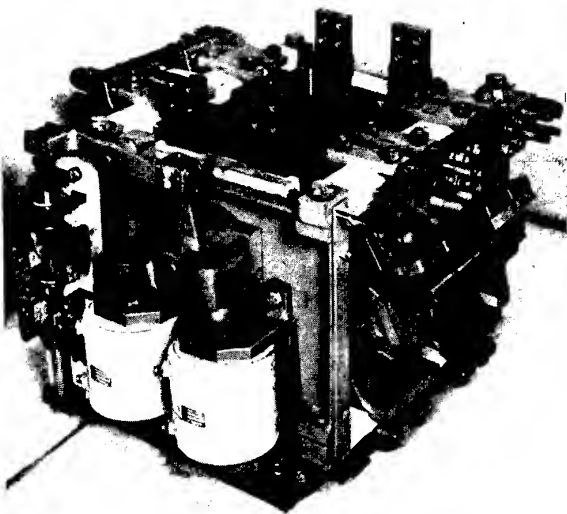


Bild 11 Ankerumschalter

Zusammenfassend ergeben sich für dieses Verfahren folgende Merkmale bzw. Vorteile:

1. Es wird nur ein Hauptgefäß bzw. eine Gefäßgruppe verwendet.
2. Einer bestimmten Stellung des Steuerhebels ist eine bestimmte Drehzahl zugeordnet.
3. Beim Bremsen und Beschleunigen wirkt das maximal zulässige Moment infolge der Strombegrenzung. Bei zusätzlicher Feldschwächung wird infolge Ankerspannungsbegrenzung bei minimalem Blindleistungsbedarf mit maximalem Bremsmoment gearbeitet, so daß sich die durch die Anlagenbemessung bedingte optimale Reversiergeschwindigkeit ergibt.
4. Der Steuerhebel kann beliebig schnell von Hand verstellt werden.
5. Die stromlose Ankerumschaltung ist dadurch gewährleistet, daß der Befehl zur Umschaltung immer erst dann gegeben wird, wenn die Umsteuerung des Stromrichters in Wechselrichterbetrieb tatsächlich erfolgt ist. Bei jedem Umkehrvorgang kann der Stromrichter auf maximale Wechselrichtergegenspannung ausgesteuert werden, weil für das Umsteuern nur eine verschwindend kleine Zeit erforderlich ist. Auch kleinste Schaltströme werden hierdurch vermieden.

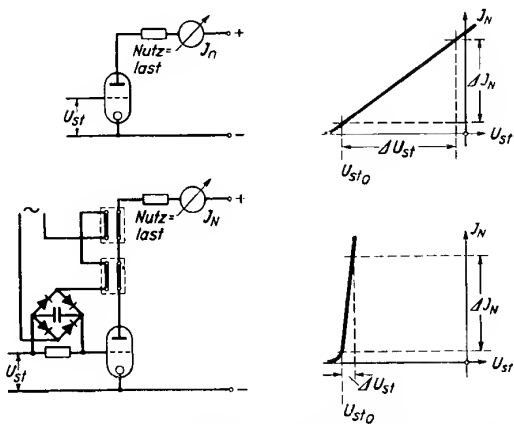


Bild 12 Schaltung und Charakteristik der magnetischen Rückkopplung für Regelverstärker

6. Für den Umkehrprozeß sind die individuellen Fähigkeiten des Bedienenden ohne Einfluß. Das gewünschte Brems- bzw. Beschleunigungsmoment kann vom Betriebsleiter eingestellt werden.
7. Sicherheitseinrichtungen zur Verhinderung von Umschaltungen unter Strom lassen sich in einfacher Weise vorsehen.

Aussprache

Herr Arold: Reichen die Umsteuerzeiten des von H. Förster geschilderten Steuerverfahrens auch für die Aufgaben aus, die z. B. bei elektrischen Schachtfördermaschinen erforderlich sind? Umkehrwalzantriebe erfordern relativ lange Umsteuerzeiten. Besonders scharfe Bedingungen an schnelle Umsteuerbarkeit und Feinfühligkeit stellen die Steuermanöver beim Einfahren und Umsetzen der Förderkörbe in Schächten.

Vortragender: Das beschriebene Verfahren ist durchaus geeignet, die Umschaltzeit noch weiter herabzusetzen. Im Zuge einer Weiterentwicklung werden sich 150 ms erreichen lassen. Eine derartig kurze Zeit wird nicht mehr als Unstetigkeit empfunden. Man muß bedenken, daß sich bei einem Maschinenumformer der Ankerstrom allmählich entwickelt, während bei Stromrichterbetrieb nach der Umschaltung sofort das volle Moment wirksam ist. Es bestehen daher keine Bedenken, dieses Verfahren auch bei Fördermaschinen anzuwenden.

Herr H. Pistor, Erlangen: Bereits im Jahre 1940 wurde auf der Schachanlage „Minister Stein“ in Dortmund eine größere Fördermaschine mit Stromrichtersteuerung in Eingefäßschaltung in Betrieb genommen. Die Steuerung dieser Maschine ging einwandfrei. Die Ankerumschaltung erfolgte in einer sehr kurzen Zeit (Dauer der Gittersperrung etwa 200 ms, eigentliche Ankerumschaltung etwa 80 ms), so daß von einer Freifallstellung praktisch nicht gesprochen werden konnte. Die Anlage wird aus anderen Gründen heute wieder mit Umformer betrieben.

Siehe im übrigen die Veröffentlichungen des Herrn H. Hochreuther in der Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau“, Jahrgang 1942, Heft 7/8, in welcher nähere Angaben über die Fördermaschine auf „Minister Stein“ sowie über die im Jahre 1935 auf der Zeche Zollern bei Dortmund in Betrieb gekommene erste Fördermaschine mit Stromrichtersteuerung in Kreuzschaltung enthalten sind.

Gruppe H — Fernmeldetechnik in Starkstromanlagen

Einführung

Von W. Bader

Wir dürfen in der Veranstaltung der Fachgruppe „Fernmeldetechnik in Starkstromanlagen“ den Auftrag erblicken, uns darüber Rechenschaft zu geben, welche Dienste die Schwachstromtechnik der Energieversorgung leisten kann. Dann müssen wir aber nicht nur die reine Meldetechnik, sondern auch die Fernwirk- und Fernregeltechnik in unsere Betrachtung einbeziehen.

Die Fernmeldetechnik umfaßt nicht nur die Übertragung willkürlicher Nachrichten, meist in Form eines Gespräches oder der schriftlichen Mitteilung, sondern ebenso die Übertragung der nach ihrer Bedeutung fest vereinbarten Zeichen und schließt damit das Gebiet der Fernmessung, Fernzählung und der Zustandsmeldung, etwa über eine Schalterstellung, ein. Bei den Fernwirkanlagen sind die Einrichtungen zur Fernschaltung in der Station oder im Netz mit Sicherstellung des richtigen Vollzugs und Rückmeldung deutlich abgegrenzt von jenen Fernsteuerungen für Straßenbeleuchtung, Wärmespeicher, Tarifumschaltung und dgl., bei denen die Ausführung des Befehls nicht geprüft und gemeldet werden kann. Die selbsttätige Fernregelung schließlich soll den Leistungsfluß im Verbundnetz sowie Spannung und Frequenz überwachen und richtig einstellen.

Von den genannten Arbeitsgebieten ist die Fernmeßtechnik, insofern wir Sender und Empfänger und nicht den Übertragungskanal betrachten, schon in die Bahn ruhiger Entwicklung gelenkt worden. Man hat sich mit vollem Erfolge um kontaktlose Umformung des Meßwertes in eine Frequenz, Impulsfrequenz, Impulsdauer oder einen eingepprägten Gleichstrom bemüht und dafür die früher im Kraftwerk wenig beliebte Verstärkerröhre gern in Kauf genommen, weil die Kompensationsschaltungen dafür sorgen, daß Alterung und schwankende Speisespannungen den Meßwert nicht fälschen. Vielleicht sollte man, insbesondere im Hinblick auf die Regelung, sich noch Rechenschaft geben, ob die Einstellzeit des Meßwertes wirklich nur durch die Kanalbreite des Übertragungsweges und nicht etwa durch Sender oder Empfänger verursacht wird. Über die Frage, ob eine Fernregelung in weiterem Umfange notwendig und vorteilhaft ist, besteht wohl noch keine einheitliche Ansicht. Hier sind weitere vertiefte Untersuchungen über den Regelvorgang und die zu wählende Regelgröße abzuwarten. In der Fernwirktechnik und in der Technik der Übertragungswege ist die Entwicklung wieder lebhaft in Fluß gekommen, seitdem die Elektrizitätsversorgungsunternehmen die vordringlichsten Aufgaben des Wiederaufbaus bewältigt haben. Eine Bestandsaufnahme ist daher erwünscht und soll uns — natürlich nur in Auschnitten — durch die angekündigten drei Vorträge geboten werden.

Zunächst wird Herr Dennhardt den derzeitigen Stand des Betriebsfernmeldewesens kurz schildern, der deshalb unserer besonderen Aufmerksamkeit wert ist, weil der jetzt noch viel zu geringe Umfang bestehender

Sprech-, Meß- und Wirkverbindungen deutliche Mangelerscheinungen wachgerufen hat. Dann wird uns der Vortragende in umfassendem Überblick über die Forderungen unterrichten, die der künftigen Entwicklung aufzuerlegen sind. Herr de Quervain lenkt unseren Blick auf die Trägerfrequenzübertragung längs Hochspannungsleitungen. Das zur Verfügung stehende gesamte Frequenzband soll möglichst verlustlos ausgenutzt werden, d. h. die einzelnen Kanäle sollen — selbstverständlich im Einseitenbandverfahren — möglichst lückenlos aneinandergereiht werden. Aus dieser Forderung und den Besonderheiten des Verkehrs über Hochspannungsleitungen entspringt eine Reihe von technischen Aufgaben, deren Lösung mitgeteilt wird. Den letzten Vortrag hat Herr Blum übernommen. Er wird uns über die Fernsteuerung durch tonfrequente Impulse in jenen Fällen berichten, bei denen der Befehlsempfänger einer Rückmeldung nicht fähig ist. Herr Blum wird uns insbesondere über die Wahl der Frequenzen und die erforderliche Steuerleistung, über die im Netz notwendigen zusätzlichen Maßnahmen sowie über einen gegen Fehlauflösung geschützten verstärkerlosen Empfänger geringer Leistungsaufnahme unterrichten.

Ich muß diesem knappen Überblick eine kurze Überlegung anschließen, die auch ein Anliegen des VDE ist und daher auf seiner Jahresversammlung vorgebracht werden kann. Wer sich an einer Hoch- oder Fachschule mit der Ausbildung des Ingenieur Nachwuchses befaßt, soll stets mit Sorgfalt die zeitlich langsam veränderlichen Forderungen beachten, die die Technik an den jungen Ingenieur stellt. Gerade die Verschmelzung von Schwach- und Starkstromtechnik auf dem Gebiete der Fernmeldetechnik in der Energieversorgung zeigt uns, daß eine allzu starke Aufspaltung in einzelne, deutlich voneinander abgegrenzte Studienrichtungen nicht zu begrüßen ist, weil sie die notwendige Verständigung und Gemeinschaftsarbeit vereitelt. Andererseits darf die schon jetzt recht ungesunde Überlastung des Studenten keinesfalls noch erhöht werden. Wir müssen daher bei unseren Ausbildungsplänen die an sich unerfüllbare Forderung nach Vollständigkeit in der Stoffdarbietung mehr noch als bisher zurückdrängen, weil die Oberflächlichkeit der Preis einer scheinbar lückenlosen und daher überlasteten Ausbildung ist. Mir scheint jener Student am besten gerüstet zu sein, der in einer Ausbildung, die nach dem Maß der geistigen Anstrengung bewertet wird, die technischen und wissenschaftlichen Grundlagen seines nicht zu eng abgegrenzten Fachgebietes sich errungen hat, dem die Möglichkeiten vor Augen stehen, welche die Physik darbietet, dem sich das mächtige Werkzeug der Mathematik willig fügt und der durch Einzelunterweisung im Laboratorium oder am Reißbrett das Gefühl für planmäßige Entwicklungsarbeit sich erworben hat. Er wird dann, wenn er seine erste Arbeitsstätte in der Technik bezieht, die Voraussetzungen erfüllen, um den langen Weg vom Wissen zum Können weiterhin erfolgreich zu durchwandern.

Entwicklungsrichtungen im Betriebsernmeldewesen der Elektrizitätsversorgung

Von A. Dennhardt

Die öffentliche Elektrizitätsversorgung hat sich in wenig mehr als einem halben Jahrhundert von den einfachen, ein Straßenviertel versorgenden Gleichstrom-blockzentralen zum Länder- und Landesgrenzen überschreitenden Verbundbetrieb entwickelt. Mit dem Wachsen der räumlichen Ausdehnung war gleichzeitig eine Verdichtung des Energiebelages der versorgten Flächen verbunden und damit ein immer tieferes Eindringen der Elektrizität in alle Bereiche der volkswirtschaftlichen und privaten Betätigungen. Ein Einblick in dieses rasche Wachstum gibt Bild 1.

Mit der raschen Ausbreitung der Elektrizitätsversorgung ergab sich bereits in den Anfängen die Notwendigkeit, die Fernmeldetechnik zur Lenkung dieses für die Allgemeinheit so wichtigen Energieflusses einzusetzen. So finden wir bereits in den ersten Entwicklungsabschnitten Fernmessungen einfachster Art in den Prüf-adern von Kabeln. Mit der ersten Ausbreitung der Drehstrom-Überlandversorgung erscheint um die Jahr-hundertwende die sogenannte Hochspannungstelefonie oder HT (Fernmeldefreileitungen am Hochspannungs-gestänge). Sie wird nach dem ersten Weltkrieg für die Weitverbindungen der Hochspannungsnetze durch die

zwischen Wachstum des Gesamtorganismus und Wachs-tum des Nervensystems. Zum anderen erfolgte — viel-leicht infolge zu starker Konzentrierung des Blickfeldes auf die Starkstromseite, — der weitere Ausbau des Nervensystems in verhältnismäßig unorganischen bzw. ungeordneten Formen. Zum Teil war diese ungeordnete Entwicklung auch dadurch bedingt, daß einerseits die Ansichten über zweckmäßige Zusammenfassung von

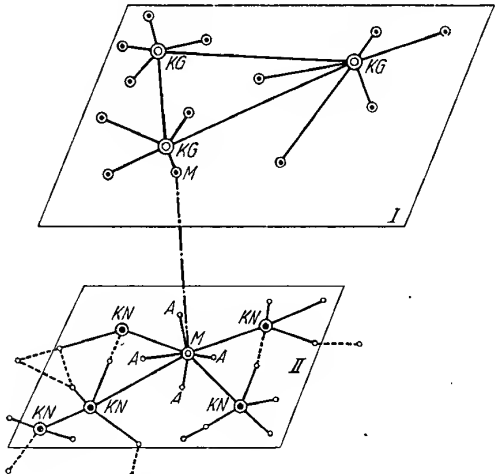


Bild 2 Netzgruppenanordnung im Fernmeldenetz der Bundesbahn (Basa)

- A Netzgruppen-Endamt
- KN Netzgruppen-Knotenamt
- M Netzgruppen-Mittelpunkt
- KG Weitnetz-Knotenamt

Nachrichtenflüssen schon in der Fernmeldetechnik selbst stark schwankten und andererseits die Ansichten über die zweckmäßige Führung der in Ausdehnung und Energiedichte immer mehr zunehmenden Netzgebilde ebenso erheblichen Änderungen unterlagen. Straffeste Zentralisierung und weitgehende Dezentralisierung waren die Pole, zwischen denen sich die Ansichten bewegten.

Post und Bahn haben inzwischen im letzten Jahr-zehnt in grundlegenden Arbeiten für große Fernmelde-netze die Zusammenhänge zwischen praktischer Auf-gabenstellung und den Ordnungsgrundsätzen der Lösung geklärt. Die Elektrizitätsversorgung steht als dritter großer öffentlicher Versorgungspartner nunmehr vor der gleichen Aufgabe. Nach dem alten Betriebsgrundsatz „erst sprechen, dann sehen, dann wirken“ steht in erster Reihe die Sicherstellung vernünftiger Grundsätze für die Ordnung der Sprechnetze. Diese Aufgabe für die Sprech-netze ergibt, weil sie zu einer sorgfältigen Rechenschaft über die zweckmäßigste Aufgliederung der Betriebsauf-gaben zwingt, auch wichtige Anhalte für die zweck-mäßige Ordnung der Meß- und Wirknetze, die möglichst im gleichen Zug durchgeführt werden sollte.

Das Vordringen der Selbstwähltechnik hat zu ein-gehenden Untersuchungen der zweckmäßigen Zusammen-fassung der Verkehrsflüsse in Fernmeldenetzen vom statistischen, theoretischen Standpunkt durch die Fern-meldefachleute geführt. Diese Untersuchungen fanden ihren Niederschlag in der Einführung der Netzgruppen-technik. Am weitesten in der Entwicklung in dieser Richtung ist offenbar die Bahn fortgeschritten. Auch die Post hat seit langem in einer Anzahl von Gebieten diese Technik eingeführt und steht in den letzten Jahren in eingehenden Untersuchungen über die zweckmäßigste Art der weiteren Ausdehnung dieser Fernwähltechnik über das ganze Bundesgebiet.

Bild 2 gibt einen Einblick in das nach solchen Grund-sätzen geordnete Bahn-Fernsprechnet (Basa). Der Ver-

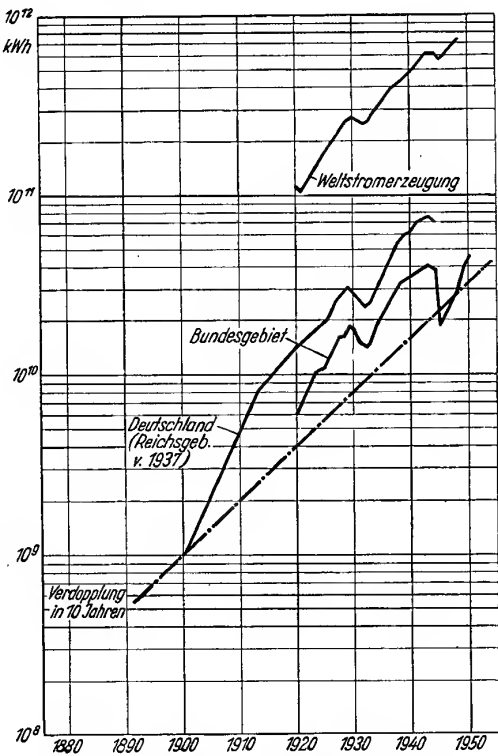


Bild 1 Entwicklung der Gesamtstromerzeugung

- Quellen:
- Welterzeugung: UNO-Statistik und Statistik der UNIPED
 - Deutschland: Statistisches Reichsamt, Abt. VIII
 - Bundesgebiet: Bundeswirtsch.-Ministerium, Abt. III B 2 (ZLV)

Trägerfrequenzkanäle auf Hochspannungsleitungen (TFH) ergänzt, die gleichzeitig die Einführung der Fernwähl-technik für diese Kanäle bringt. Um 1925 wurde sogar das Problem des Funkeinsatzes ernsthaft erörtert und erprobt.

Betrachtet man nun die weitere Entwicklung des als Nervensystem des Betriebes anzusehenden Fernmelde-systemes, so ergibt sich im Laufe der fortschreitenden Entwicklung offenbar ein zunehmendes Mißverhältnis

kehr wird nach seiner Reichweite in verschiedene Netzebenen zusammengefaßt, von denen die oberste Ebene der Weitverbindungen vermascht ist. Sonst stellt sich das Basanetz im wesentlichen auf Sternnetzstruktur mit Direktwahl ab. Demgegenüber zeigt Bild 3 nach einem Vorschlag von Mehliis eine völlige vermaschte Netzstruktur mit Speicherwahl. Zwischen diesen beiden Polen, nämlich der eindeutigen Sternnetzstruktur mit Direktwahl und der völligen Vermaschung mit Speicherwahl, pendelt gegenwärtig die Entwicklung mit mannigfachen Lösungsvorschlägen (Umsteuertechnik, Zielwahl, Steuerfernwahl) beispielsweise für die Fernwahlpläne der Deutschen Bundespost.

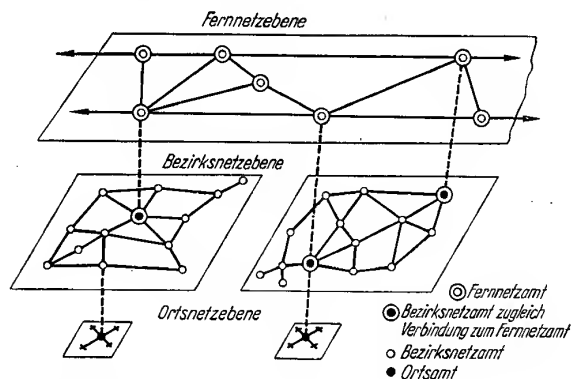


Bild 3 Vermaschte Netzgruppenanordnung nach Mehliis

Die Einführung der Netzgruppentechnik stellt der Elektrizitätsversorgung die Aufgabe,

1. die Verkehrsflüsse zweckvoll nach den Betriebsanforderungen zu ordnen und
2. für den zweckmäßig geordneten Verkehrsfluß die zweckmäßigste Übertragungstechnik zu wählen.

Man kann bei dem Versuch, Ordnungsgrundsätze für eine den Forderungen der EVU entsprechende Netzgruppentechnik zu finden, nun nicht etwa so vorgehen, daß man aus der Summe der angeschlossenen Teilnehmer einen entsprechenden Verkehrsfluß mit entsprechender Netzbemessung ableitet. Man würde bei einem solchen Verfahren vermutlich einerseits weit die gesteckten wirtschaftlichen Grenzen überschreiten, ohne andererseits die wirklichen Betriebsbedürfnisse genügend zu befriedigen. Voraussetzung für eine zweckmäßige Ordnung ist also Klarheit über die zu erledigenden Betriebsaufgaben. Diese teilen sich in Aufgaben

1. des Störungsdienstes,
2. der Lastverteilung,
3. der Betriebsunterhaltung.

Der Störungsverkehr ist ein reiner Stoßverkehr. Der Lastverteilerverkehr ist es zum wesentlichen Teil. Der Betriebsunterhaltungsverkehr wird im großen Umfang ebenfalls ein Stoßverkehr, und zwar durch seine enge Verkettung mit der Störungsbeseitigung einerseits und der Lastverteilung andererseits.

Man kommt also im allgemeinen zu einer recht brauchbaren Abschätzung der betrieblich notwendigen Verkehrsflüsse und der Netzgestaltung, wenn man darauf abstellt, den Bündelbedarf so bemessen, daß die drei oben gekennzeichneten Verkehrsbedürfnisse bei großen Störungen gleichzeitig bedient werden können.

Voraussetzung für eine klare fernmeldetechnische Lösung dieser Art ist weiterhin eine klare Gliederung der zu erledigenden Betriebsaufgaben. In dieser Hinsicht kann man die folgenden Grundsätze anwenden:

1. die Betriebsaufgaben werden straff zentralisiert oder
2. sie werden zweckmäßig verteilt, also im gewissen Umfang dezentralisiert.

Je straffer die Zentralisierung, desto umfangreicher und auch empfindlicher wird das zugeordnete Fernmeldenetz.

Man wird also nur unter verhältnismäßig einfachen Verhältnissen straff zentralisieren können. Je größer die Netze werden, um so mehr wird man aus betrieblichen und wirtschaftlichen Gründen gezwungen sein, eine vernünftige Aufgliederung der Aufgabenbereiche vorzunehmen.

Auch die Sicherheitsforderungen wirken auf die Netzstruktur ein. Bekanntlich wird von den Kanälen der Elektrizitätsversorgung eine 100prozentige Sicherheit verlangt. Da diese Forderung mit einem Kanal oder einem Kanalbündel nicht zu erfüllen ist, werden seit langem folgende Aushilfen angewandt:

- a) Sicherung der Erreichbarkeit wichtiger Netzstellen auf Wegen aus verschiedenen Richtungen;
- b) Sicherung der Erreichbarkeit mit unabhängigen Kanälen in gleicher Richtung.

Die Forderung zu a) läuft letzten Endes auf eine Vermaschung hinaus; die Forderung zu b) bedeutet Führung wichtiger Kanäle in unabhängigen Parallelbündeln. Die ersterwähnte Forderung würde darauf hinauslaufen, grundsätzlich die völlige Vermaschung überall zu fordern. Sie wirkt also unmittelbar auf die Netzstruktur ein. Es bleibt also zu erwägen, ob auf allen zu erfassenden Ebenen diese Forderung mit gleich durchschlagender Schärfe erhoben werden kann.

Betrachtungen über die zweckmäßigste Gestaltung der Netzgruppentechnik haben die voran aufgezeigten Einflüsse zu beachten und dann eine Entscheidung über die zweckmäßige Struktur hinsichtlich

- a) Gliederung der Netzebenen,
- b) Art der Zusammenfassung des Verkehrs in den Netzebenen,

zu finden.

Bezüglich der Aufgliederung in Netzebenen ergibt die in natürlichem Wachstum entstandene Aufgliederung in

1. Mittelspannungsebene,
2. Hochspannungsebene,
3. Höchstspannungsebene,

einen ersten Anhalt. Entsprechend dieser natürlichen Gliederung und des daraus resultierenden Verkehrsflusses empfiehlt es sich, drei Netzebenen in der Energieversorgung vorzusehen.

Für die einzelnen Ebenen muß unter Beachtung der aufgezeigten Sicherheitsforderungen die zweckmäßigste Struktur bestimmt werden. Es ist also zu entscheiden, wieweit die einfache Sternnetzstruktur angewandt werden kann, bzw. in welchen Ebenen und wieweit vermascht werden muß. Vor dieser Entscheidung hat man sich vor Augen zu halten, daß als erster unabhängiger Parallelweg allen Betriebsstellen der Elektrizitätsversorgung das öffentliche Postnetz dient. Unter den einfachen Verhältnissen der Speisepunktbereiche der Mittelspannungsnetze dürfte dieser Parallelweg im Postnetz genügen, so daß hier meistens ohne Bedenken die einfache Sternnetzstruktur angewandt werden kann. In den höheren Ebenen wird man zusätzlich aus Sicherheitsgründen zu einer nach oben zunehmenden Vermaschung gezwungen sein. Ja, man wird sogar auf den höheren Ebenen neben der Vermaschung und der Parallelbenutzung des Postnetzes — wie später gezeigt wird — unter bestimmten Voraussetzungen noch zusätzlich eigene Zweitwege einsetzen müssen.

Die neuere Entwicklung der Kanaltechnik ist gekennzeichnet durch das immer weitere Vordringen der Trägerfrequenz(TF)-Technik. Sie führt eindeutig in Richtung einer scharfen Bündelzusammenfassung mit mehr oder weniger hochgetragerten Systemen. Weiterhin ist hervorzuheben, daß diese Technik aus der Weitverkehrstechnik bereits auch in das Gebiet der mittleren Entfernung eindringt. Bemerkenswert sind fernerhin die Entwicklung der beweglichen Funkdienste auf Meterwellen sowie die Einführung hochgetragener Richtfunkstrahlen.

Unter den einfachen Verhältnissen der Mittelspannungsebene genügen vielfach Einkanalssysteme. Nur auf den Hauptspeisesträngen erwächst ein Mehrkanalbedarf, wobei selten mehr als 3...4 Kanäle notwendig sind. Daher sind Bausteinsysteme erwünscht, die im ersten Zug als Einkanalssystem betrieben werden können und im zweiten Zug durch einfache TF-Systeme zu Mehrkanal-Systemen erweitert werden können. Demgemäß ergeben sich folgende Entwicklungsforderungen:

1. Verbesserung der HT (Hochspannungstelephonie) und Weiterbildung zum Mehrkanalsystem durch Überlagerung von TF (Trägerfrequenzkanälen),
2. Einführung anderer geeigneter Ein- und Mehrkanalsysteme für Mittelspannungsnetze.

Ehe aber an diese Aufgaben herangegangen werden konnte, mußte eine irrtümliche Auffassung beseitigt werden, nach der Fernmeldeleitungen am Hochspannungsgestänge als Hochspannungsleitungen anzusehen wären und mit 6 bzw. 7 m Bodenabstand zu verlegen wären. Für LK (Luftkabel) ist der Irrtum dieser Auffassung offenbar. Für HT wurde sie nachgewiesen. In Zusammenarbeit mit dem Freileitungsausschuß konnte dann sichergestellt werden, daß alle diese Fernmeldeleitungen am Hochspannungsgestänge, wenn sie mit den entsprechenden Maßnahmen nach VDE 0210 § 11 versehen sind, mit den Bodenabständen der Fernmeldeleitungen verlegt werden können. Diese Entscheidung macht auch die nachträgliche Belegung von Hochspannungsleitungen möglich und gibt dem Ausbau des Betriebsfernmeldewesens in Mittelspannungsnetzen vom technisch-wirtschaftlichen Standpunkt künftig bedeutend günstigere Möglichkeiten.

Die HT hat sich in Mittelspannungsnetzen als ein außerordentlich brauchbares und billiges Kanalsystem erwiesen, dem aber von der Betriebsseite immer wieder Mängel vorgeworfen wurden. Diese Mängel sind begründet in der außerordentlich starken Beeinflussung durch das nahe elektrische Feld der HL. Fortschritte in der Beseitigung dieser Mängel sind in

- a) Herabsetzung der Lageunsymmetrie,
- b) Heraufsetzung der Längssymmetrie,
- c) Heraufsetzung der Quersymmetrie

zu suchen. Hiermit wurden günstige Ergebnisse erzielt.

Der Gedanke liegt nahe, den starken Einfluß des elektrischen Feldes dadurch herabzusetzen, daß selbsttragende Luftkabel eingesetzt werden. Vor allen Dingen auf Strecken mit Mehrkanalbedarf dürfte dieser Weg außerordentlich zweckvoll sein. Ein solches Kabel müßte zweckmäßigerweise in Durchmesser und Gewicht so gehalten werden, daß eine nachträgliche Belegung von HL (Hochspannungsleitungen) ohne Gestängeverstärkung möglich ist. Eine solche Entwicklung hat die Hastra mit M & G durchgeführt. Es wurde auf Grund sorgfältiger Überlegung ein selbsttragendes klassisches Luftkabel mit Bleimantel von 11 mm Durchmesser, enthaltend einen Vierer aus 0,8 Cu-Adern mit einer Gürtelisolierung von 2 kV, gefertigt. Das Verhalten vom beeinflussungstechnischen Standpunkt war vorzüglich. Es wurde im Regelbetrieb und im Erdschluß unverändert eine Geräuschspannung von 0,11...0,15 mV und ein Empfindlichkeitsfaktor von 0,1 % gemessen. Die Überlegenheit des LK vom beeinflussungstechnischen Standpunkt, die zu erwarten war, ist offenbar. Die Bilder 4 und 5 zeigen, wie harmonisch sich das nachträglich verlegte Kabel in das Leitungsbild einfügt. Ein zweites selbsttragendes LK, jedoch mit Isolierstoffmantel, wurde nach gleichen Grundsätzen mit S & H entwickelt. Die beeinflussungstechnischen Untersuchungen an diesem Kabel sind noch nicht durchgeführt.

Es ist klar, daß der Fortschritt der TF-Technik auch zu ihrer Einführung in Mittelspannungsnetzen führen mußte. Demgemäß sind einfache, zur Überlagerung von HT geeignete TF-Systeme geschaffen worden, über die K ü p f m ü l l e r berichtet hat und die an anderer Stelle auch H ä s s l e r besprochen hat. Darüber hinaus ist auch

die TFH-Technik unter entsprechender Anpassung ihrer Kopplungsorgane und Geräte nach früheren Ausführungen von Schulz in eine Form gebracht worden, die ihren Einsatz in Mittelspannungsnetzen ebenfalls ermöglicht. Die Energieversorgung Weser-Ems hat mit dieser Technik ein ausgedehntes TFH-Netz in der Mittelspannungsebene geschaffen.

Die engeren Wirtschaftlichkeitsgrenzen in Mittelspannungsnetzen lassen nur eine Belegung der Hauptstrecken mit Drahtkanälen zu. Es liegt also nahe, nach einem Mittel Umschau zu halten, mit dem der Störungsdienst

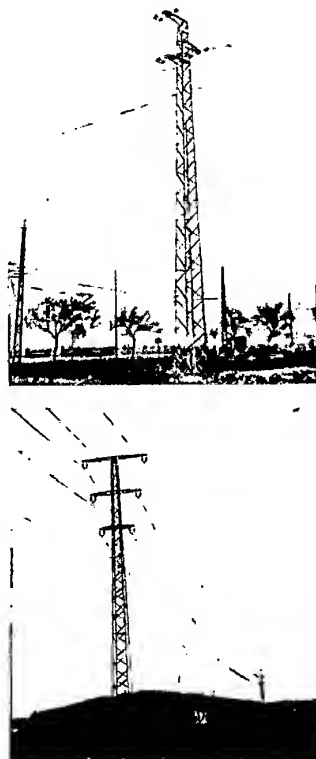


Bild 4 u. 5 Harmonische Einfügung eines nachträglich am Hochspannungsgestänge verlegten Luftkabels

der ausgedehnten Netze auch in solchen Gebieten durchgeführt werden kann, die vom Drahtnetz nicht erfaßt werden. Ein solches Mittel bot sich im Einsatz beweglicher Funkstationen mit Meterwellen.

Die Bilder 6 und 7 zeigen eine Leitfunkstelle für diesen Dienst. Die Elektrizitätsversorgung ist dabei, in Zusammenarbeit mit der Post die Frequenzuteilungsfrage so zu regeln, daß dieser Dienst zu einer einheitlichen Flächenversorgung der Elektrizitätsversorgung für die Bau- und Störtrupps der Mittel- und Hochspannungsebene ausgebaut werden kann. Die bisherigen Erfahrungen mit dieser Art des Funkdienstes zeigen, daß besonders in sehr weitläufigen Mittelspannungsnetzen eine außerordentliche Beschleunigung des Bau- und Störungsdienstes erreichbar ist.

Wegen des Bedarfs an Meß- und Wirkverbindungen ist auf der Hochspannungsebene der Kanalbedarf ungleich höher. So ergibt sich im geplanten 380 kV-Ring nach den Untersuchungen des Fernmeldeausschusses der DVG bei weiser Beschränkung ein notwendiges Grundbündel von etwa 36 Vierdrahtkanälen, das zum größten Teil für Meß- und Wirkverbindungen benutzt wird. Zur Befriedigung des Kanalbedarfs auf der Hochspannungsebene dienen bisher im wesentlichen TFH-Kanäle. Nur in einigen Einzelfällen wurden niederfrequent betriebene Luftkabel als Blitzseilkabel eingesetzt. Demgemäß bestehen folgende Entwicklungstendenzen:

- a) Erweiterung der Einsatzmöglichkeit für TFH,
- b) Einsatz anderer Mehrkanalsysteme.

Bei TFH bedingt die Art der Technik, daß im allgemeinen in galvanisch verbundenen Netzen zumindest die besonders wertvollen Frequenzen von 40 ... 150 kHz nur in sehr beschränktem Ausmaße mehrfach eingesetzt werden können. Um die durch den zulässigen Frequenz-

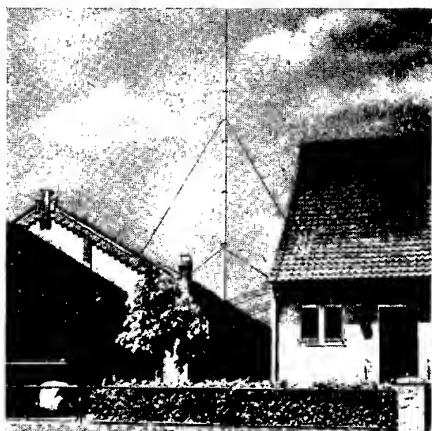
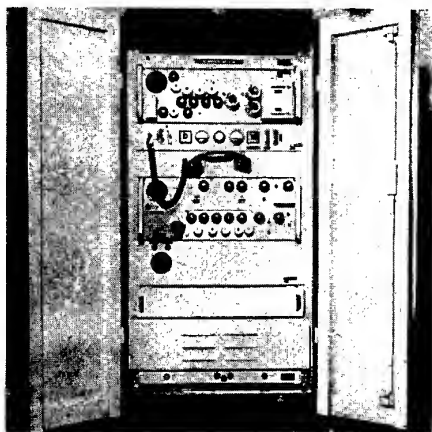


Bild 6 u. 7 Leitfunkstelle für Bau- und Störtruppfunk

bereich von 40 ... 300 kHz gegebene Zahl von Kanälen zu vermehren, sind folgende Wege gewählt worden:

- a) Übergang zur EB-Technik,
- b) Hochzüchtung der Trennschärfe.

Man wird in den stark mit TFH-Kanälen belegten 110- und 220 kV-Netzen diese Mittel künftig bewußter einsetzen müssen. Des weiteren wird man die Frage der HF-mäßigen Abriegelung bisher galvanisch verbundener Netze im positiven oder negativen Sinne entscheiden müssen, um Klarheit für die in der TFH-Technik noch künftig bestehenden Möglichkeiten zu schaffen. Schwierigkeiten sind in letzter Zeit durch Beeinflussungen durch

starke Langwellensender eingetreten. Man soll jedoch diese Beeinflussungsmöglichkeiten in ihrer Bedeutung nicht allzusehr überschätzen. Sie lassen sich bei vernünftiger Zusammenarbeit der beteiligten Partner weitgehend vermeiden.

Die Möglichkeit der engen Packung von Kanälen im dünnen hochgetragerten LK läßt den alten Gedanken des LK am Hochspannungsgestänge als Mehrkanalsystem neu aufleben. Auf Grund der bisherigen Erfahrungen und im Hinblick auf die Entwicklung im Mittelspannungsnetz können folgende Forderungen gestellt werden:

1. Das Kabel muß leicht und nicht zu stark sein.
2. Es muß den in Kurzschlußfällen auftretenden Längsspannungen gewachsen sein.
3. Der Mantel muß den thermischen Beanspruchungen bei Belastung mit einem entsprechenden Teil des Kurzschlußstromes gewachsen sein.
4. Der Verstärkerabstand muß möglichst groß sein.

Aus den Untersuchungen des Bayernwerks mit einer Anzahl der führenden Fernmeldefirmen dürfte ein aus drei oder höchstens vier Vierern bestehendes TFLK, wobei kapazitätsarme Vierer mit 1,2 Cu-Adern zur Verwendung kommen, unbespult mit Z6K-Systemen geträgert bei einem Verstärkerabstand von etwa 40 km eine günstige Lösung für das Hoch- und Höchstspannungsnetz darstellen. Dabei werden vom beeinflussungstechnischen Standpunkt außerordentlich weitgehende Forderungen gestellt, die aber nicht unerfüllbar sein dürften.

Die Überlegenheit des Richtfunkbündels liegt, betrachtet vom Sicherheitsstandpunkt, in seiner Unabhängigkeit vom Zustand der HL. Daher sind solche Richtfunkbündel im amerikanischen Verbundbetrieb weitgehend eingesetzt, insbesondere für Edelkanäle mit kurzen Laufzeiten (Schutzkanäle, Regelkanäle, Störungsortungskanäle und dgl.). Richtfunkkanäle können nach den Erfahrungen der amerikanischen Verbundtechnik genügend sicher gestaltet werden, wenn die möglichen Fehlerquellen beim Einsatz dieser Technik durch richtige Planung vermieden werden. Sie liefern außerdem für die Forderung des Verbundbetriebes genügend starke Bündel, die mit einem Mindestkanalbedarf beginnend nach dem Baustein-system erweitert werden können.

Die scharfe Bündelung in mehr oder weniger hochgetragerten TF-Kanälen oder Richtfunkbündeln kann u. U. die Störempfindlichkeit solcher Systeme nach Zahl der Störungen und Umfang der Auswirkungen erhöhen. Wenn man also diese Mittel in den oberen Spannungsebenen einsetzt, wird es wahrscheinlich zweckmäßig sein, die in diesen Ebenen ohnehin schon oft angewandte Sicherung durch unabhängige Parallelwege besonders ins Auge zu fassen. Das kann z. B. so geschehen, daß der Hauptbedarf in einem Grundbündel geführt wird, dem ein Notbündel überlagert wird, in dem die wichtigsten Kanäle wiederholt sind. Eine Kombination dieser Art stellt beispielsweise ein geträgertes LK, dem ein Richtfunkbündel überlagert ist, dar.

Leitungsgerichtete Trägerfrequenzübertragung längs Hochspannungsleitungen nach dem Einseitenbandverfahren und ihre Mehrfachausnutzung

Von A. de Quervain

Die Ausgestaltung des zukünftigen deutschen Nachrichtennetzes der Kraftwerksbetriebe, wie es in der Planung der deutschen Verbundgesellschaft vorgesehen ist, läßt deutlich die Anforderungen erkennen, die heute an die Nachrichtentechnik gestellt werden. Neben den Möglichkeiten, welche Mehrkanalübertragung über eigens verlegte Kabel sowie drahtlose Kanäle bieten, verdient die leitungsgerichtete Übertragung gerade wegen ihrer

spezifischen Eigenschaften, wie große Übertragungssicherheit und geringer Aufwand, spezielle Beachtung.

Es müssen alle Anstrengungen unternommen werden, um das zur Verfügung stehende Trägerfrequenzspektrum von rund 50 ... 300 kHz optimal auszunutzen. Ohne hier auf die Möglichkeiten der Wiederverwendung schon eingesetzter Trägerfrequenzen oder sonstige frequenzsparende Methoden wie Wellenwechselsysteme eingehen

zu wollen, seien als grundlegende Forderungen aufgestellt:

- 1. Die im Trägerfrequenzbereich beanspruchte absolute Bandbreite soll möglichst nicht größer sein, als der Nachrichteninhalt in der Originallage, d. h. in der Regel im Niederfrequenzspektrum, einnimmt.
- 2. Die Belegung des Trägerfrequenzbandes mit Kanälen soll möglichst lückenlos erfolgen können, d. h. mit einem Minimum an Bandbreite, das für die Ausfilterung der Kanäle untereinander verloren geht, und ohne Rücksicht auf die Lage von Sende- und Empfangskanälen zueinander.

Die erste Forderung läßt sich für Telephoniekanäle durch das Einseitenbandverfahren erreichen, für gewisse Kanaltypen, wie Fernmeßkanäle nach dem Impulssystem, auch durch direkte Tastung von Hochfrequenzträgern. Die grundsätzlichen technischen Fragen, die mit diesen Übertragungsverfahren zusammenhängen, dürfen als bekannt vorausgesetzt werden und sollen hier deshalb nicht weiter erläutert werden.

Die zweite Forderung hingegen wirft eine Reihe von technischen Problemen auf, die hier kurz erläutert und zu denen Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt werden sollen.

An einem Beispiel soll gezeigt werden, daß es in leitungsgerichteten Übertragungsanlagen bei lückenloser Belegung des Spektrums mit Kanälen vorgegebener Bandbreite sich nicht vermeiden läßt, daß Sende- und Empfangskanäle in einem Werk frequenzmäßig und zudem unter Umständen noch auf derselben Leitung direkt nebeneinander liegen.

In Bild 1 werden 3 Kraftwerke oder Unterwerke A—C angenommen, die untereinander und mit weiteren Werken durch Trägerfrequenzkanäle, von 1...10 nummeriert, verbunden sind. Bei lückenloser Belegung des Spektrums liegen in allen Werken Kanäle frequenzmäßig direkt nebeneinander, im Werk C die Kanäle 10 und 11 sogar auf derselben Leitung. In der Praxis sind die Verhältnisse oft weit verwickelter, da auf schon bestehende Kanäle usw. Rücksicht genommen werden muß.

Diese dichte Packung des Spektrums, zudem noch mit sehr unterschiedlichen Pegeldifferenzen bis 6 N zwischen Sende- und Empfangskanälen, bringt gegenseitige Störungsmöglichkeiten mit sich, denen man in der Kabel-Trägerphonie durch Abschirmung der Empfangs- von den Sendekanälen und geschickte Gruppierung der Frequenzen aus dem Wege gehen kann. Bei der leitungsgerichteten Übertragung versagen diese Kunstgriffe weitgehend, und es bleibt nichts anderes übrig, als den Störungsquellen direkt auf den Leib zu rücken.

Zwei Hauptgruppen gegenseitiger Störbeeinflussung lassen sich unterscheiden.

a) Störfrequenzen, erzeugt in den Sendeeinrichtungen

Sowohl bei Einseitenbandsendern wie auch Endstufen von Mehrträgersystemen wird immer ein Spektrum von diskreten Frequenzen mit Pegeln ungefähr gleicher Größe, herrührend von Telephoniekanälen und weiteren Teilkanälen, gemeinsam verstärkt und gesendet.

Infolge der Nichtlinearität der Verstärkung werden Summen- und Differenzfrequenzen der Nutzsignale untereinander gebildet von der allgemeinen Form:

$$A_{m,n} = C_{m,n} \cdot U_1^m \cdot U_2^n \cdot \sin(mf_1 \pm nf_2) 2\pi t,$$
 worin $C_{m,n}$ eine vom Klirrfaktor abhängige Größe ist.

Unter den Störprodukten interessieren vor allem diejenigen mit den Koeffizienten $m = 2$ und $n = 1$, da ihre Pegel beträchtlich höher liegen als die anderer Störprodukte und insbesondere da die erzeugten Störfrequenzen

$$(2f_1 \pm f_2) \text{ resp. } (2f_2 \pm f_1)$$

in benachbarte Kanäle fallen können.

Befinden sich nun im Trägerfrequenzbereich unmittelbar anschließend an Sendekanäle, welche Störfrequenzen erzeugen, Empfangskanäle, so können die letzteren gestört werden, auch wenn die Selektivität der Empfangseinrichtungen an sich ideal ist. Bild 2 zeigt schematisch einen solchen Störfall. In einem Sendekanal

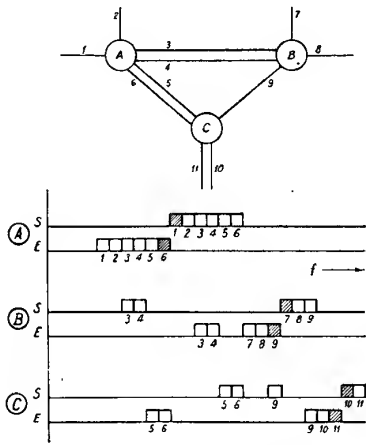


Bild 1 Schematische Darstellung einer Kanalaufteilung in einem Netz leitungsgerichteter Verbindungen längs Hochspannungsleitungen. Schraffiert die Kanäle, welche bei lückenloser Belegung des Trägerfrequenzbereiches mit unterschiedlichen Pegeln direkt nebeneinander zu liegen kommen

der Lochgrenzen 100 resp. 104 kHz werden 3 Nutzfrequenzen $F_{s1...3}$ von 100,5, 102, 103 kHz der Amplitude 11,6 V gesendet.

Die entstehenden Störfrequenzen für $m = 2$ und $n = 1$ haben die in Bild 2 angegebenen Werte. In die Nachbarkanäle fallen die Frequenzen 98, 99 und 105,5 kHz. Die Amplitude der Störfrequenzen beträgt für einen Klirrfaktor 3. Grades von 5% $U_{st} = 0,585 \text{ V}$ und ist damit von gleicher Größenordnung, wie ankommende Nutzsignale in den benachbart liegenden Empfangskanä-

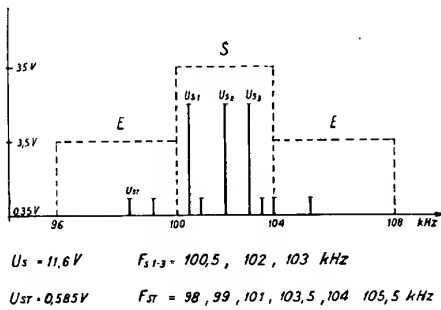


Bild 2 Störspannungen U_{st} , welche der Gruppe $(2f_2 - f_1)$ entsprechen und in einem Sendeverstärker mit Klirrfaktor 3. Grades von 5% erzeugt werden. Ein Teil der Störspannungen fällt in benachbart liegende Empfangskanäle

len 96...100 resp. 104...108 kHz. Diese Störungsmöglichkeiten lassen sich nur durch drastische Verminderung des Klirrfaktors des Sendeverstärkers auf ein erträgliches Maß absenken. Es sind im praktischen Fall Klirrfaktoren von weniger als 1% notwendig, um eine Absenkung des Pegels der Störfrequenzen gegenüber dem Pegel der Nutzsignale im Empfangskanal um 4 Neper zu erreichen.

Bei dem vorliegenden Einseitenbandgerät wurde dies durch eine neuartige Kombination von Strom- und Spannungsgegenkopplung erreicht, wobei die außerordentlich hohe Verzerrungsfreiheit auch für die in der Praxis oft vorkommenden Fehlanpassungen an die Leitung erhalten bleibt.

b) Störfrequenzen, erzeugt in den Empfangseinrichtungen

In Empfangseinrichtungen mit Frequenzumsetzung können ebenfalls Störfrequenzen entstehen, die in den Zwischenfrequenzkanal fallen, jedoch auf Fremdfrequenzen zurückzuführen sind, die außerhalb des betrachteten Hochfrequenzkanals liegen.

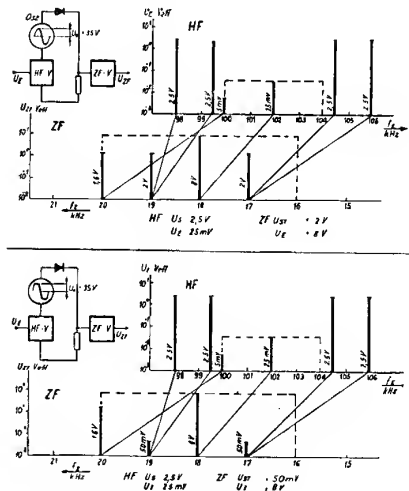


Bild 3 In einem Empfänger bei der 1. Frequenzumsetzung entstehende Störspannungen der Gruppe $f_0 = (2f_2 - f_1)$ bei Vorhandensein von 4 benachbart liegenden Sendefrequenzen. Bild 3 oben bei sinusförmiger Umsetzspannung. Bild 3 unten bei trapezförmiger Umsetzspannung. f_0 = Umsetzfrequenz, f_1 , f_2 = Störfrequenzen.

Der Grund hierzu liegt im Umsetzungsprozess selbst begründet, bei dem außer den gewünschten Modulationsprodukten, nämlich den Summen- und Differenzfrequenzen des empfangenen Spektrums mit der Hilfsoszillatorfrequenz, noch Modulationsprodukte höherer Ordnung auftreten. Unter diesen Modulationsprodukten tritt wieder die Gruppe

$$f_0 \pm (2f_2 \pm f_1)$$

hervor, die wir schon im Falle der gemeinsamen Verstärkung auf der Sendeseite als besonders störend angefallen haben.

Bild 3 zeigt wiederum die Art der Störungsmöglichkeit. Benachbart zu einem Empfangskanal 100...104 kHz mit dem Nutzsignal 102 kHz und Spannung 25 mV sollen beidseitig je 1 Sendekanal liegen mit den Sendefrequenzen 98, 99,5 kHz resp. 104,5, 106 kHz und einer Spannung von 2,5 V, welches den Rest des am Ausgang des Empfangsfilters noch vorhandenen Sendepiegels darstellen soll.

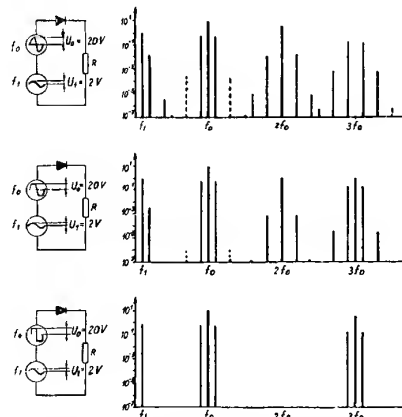


Bild 4 Modulationsprodukte des Gleichrichtermodulators bei verschiedenen Kurvenformen des umsetzenden Signales. Oben sinusförmig, Mitte trapezförmig, unten rechteckförmig.

Bei der Umsetzung in den Zwischenfrequenzkanal von 16...20 kHz entstehen bei sinusförmiger Umsetzspannung (Bild 3 oben) neben dem Nutzsignal von 18 kHz mit Spannung 8 V noch 2 Störsignale von 17 und 19 kHz mit der Spannung 2 V.

Diese Störursache läßt sich nur vermeiden, wenn entweder der Empfänger mit einem derartig hochselektiven Eingangsfilter ausgestattet ist, daß Nachbar-Sendekanäle sauber weggefiltert werden, oder das Frequenzumsetzverfahren wird so ausgelegt, daß die Störfrequenzen gar nicht oder nur mit unbedeutendem Pegel entstehen können. Die erstere Methode ist technisch möglich, aber in erster Linie eine Frage des Aufwandes an Filtertechnik und aus diesem Grunde wirtschaftlich kaum tragbar.

Die mathematische Behandlung des Modulationsproblems und speziell die Berechnung der zu erwartenden Amplituden der Modulationsprodukte verschiedener Ordnung zeigt, daß der zweite Weg, nämlich die Elimination resp. Reduktion der störenden Modulationsprodukte durch spezielle Disposition des Umsetzverfahrens im Empfänger gangbar ist. Keine störenden Modulationsprodukte würden im Empfänger entstehen, wenn als erster Demodulator ein in unendlich kurzer Zeit arbeitender Schalter verwendet werden könnte oder, was auf dasselbe hinaus kommt, wenn die Form der umsetzenden Spannung ideal rechteckförmig wäre. Es entstünden dann nur die Summen- und Differenzfrequenzen des umzusetzenden empfangsseitigen Signales mit der Grundfrequenz und den ungeraden Harmonischen des umsetzenden Signales des Hilfsoszillators. Diesen idealen Fall wollen wir lineare Frequenzumsetzung nennen. Der ideale Schalter als Modulator ist wegen der notwendigen idealen Rechteckform des umsetzenden Signales auch elektronisch nicht realisierbar. Praktisch durchführbar ist der Fall einer durch eine Trapezkurve angenäherten Form des umsetzenden Signales. Die qualitative und quantitative Berechnung der Störspektren, die bei dieser nicht idealen Rechteckform schon auf sehr große Schwierigkeiten stößt, zeigt, daß die Amplitude der Störspektren für den praktischen Fall genügend klein gehalten werden kann, sofern die Flankensteilheit der Trapezkurve genügend groß ist.

Bild 3 unten zeigt das im Empfänger bei der ersten Umsetzung entstehende Frequenzspektrum bei trapezförmiger Umsetzspannung, während Bild 4 zusammenfassend die Spektren für die drei Hauptformen der umsetzenden Spannung: sinusförmig, rechteckförmig, trapezförmig mit $\tan a = 5$ des Winkels der Trapezflanke gegen die Horizontale zeigt. Gestrichelt eingetragen sind die besonders störenden Störspektren dritter Ordnung.

Auffällig ist der starke Rückgang dieses Störspektrums im Falle der trapezförmigen Umsetzspannung, wobei der logarithmische Maßstab der Amplitude zu beachten ist, der 8 Dekaden umfaßt.

Im Falle des vorliegenden Gerätes ist es möglich geworden, durch Anwendung des beschriebenen Modulationsverfahrens die Pegel der im Empfänger selbst erzeugten und in den Zwischenfrequenzkanal fallenden Störspektren um 4 N abzusenken, gegenüber dem sonst üblichen Vorgehen, als Hilfsfrequenz für die Frequenzumsetzung eine sinusförmige Spannung zu verwenden.

Für den Grad der immerhin notwendigen Annäherung des Trapezsignales an die Rechteckform möge als Erläuterung die Angabe dienen, daß ungefähr die 31te Harmonische im Spektrum der Hilfsfrequenz noch vorhanden sein muß, was bei z.B. 320 kHz Hilfsoszillatorfrequenz einer Bandbreite von ca. 10 MHz entspricht, welche vom Demodulator noch verarbeitet werden muß. Dies wiederum legt weitgehend die schaltungstechnischen Forderungen fest, die an den Demodulator gestellt werden müssen.

Zu bemerken ist hier, daß der gern als „Umschalter“ bezeichnete Ringmodulator grundsätzlich diese Umsetz-

eigenschaften auch aufweisen würde, praktisch aber kaum den Grad der geforderten Verminderung der Störprodukte zu erreichen gestattet.

Damit sind die Grundlagen gegeben, die sende- und empfangsseitig die Voraussetzung für die möglichst lückenlose Ausnutzung des Trägerfrequenzbandes bilden, nämlich die grundsätzlichen Methoden, welche zur Verringerung der in Sende- und Empfangseinrichtungen selbst erzeugten Störspektren führen. Sind diese Schwierigkeiten einmal schaltungstechnisch überwunden, so lassen sich die übrigen Probleme der Kanaltrennung mittels einer normalen, allerdings hochentwickelten Filtertechnik lösen.

Bild 5 gibt einen Begriff der heute mit dem von Philips fabrizierten Kernmaterial Ferrox-Cube erreichbaren Filterqualitäten. Bei 20 kHz kann in der Flanke des Durchlaßbereiches eine Dämpfungszunahme von 2 N pro 100 Hz Frequenzdifferenz erreicht werden.

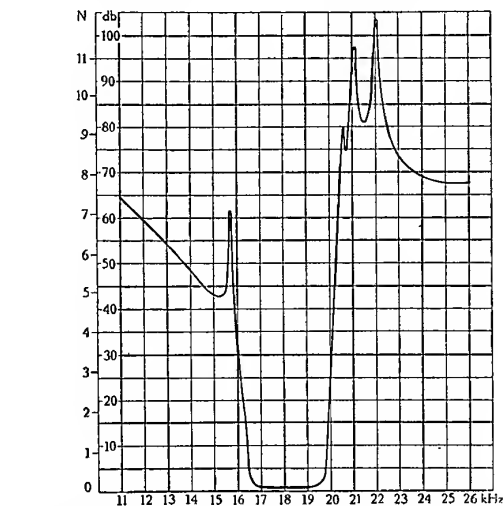


Bild 5 Dämpfungsverlauf eines Filters zur Ausfilterung des 2. Seitenbandes im Zwischenfrequenzkanal eines Einseitenbandsenders. Kernmaterial Ferrox-Cube.

Neben Spulenfiltern dieser Qualitätsklasse wird auch von Filtern Gebrauch gemacht, die aus magnetostriktiven Schwingern als Filterelemente aufgebaut sind. Damit ist es gelungen, den niederfrequenten Durchlaßbereich des Gerätes bis auf 50 Hz hinab zu erweitern und trotzdem den Trägerrest für Pegelregelung und als Pilotfrequenz für die zweite Demodulation zu verwenden.

Hand in Hand mit derartigen Anforderungen muß auch die Frequenzstabilität der Trägerfrequenzeinrichtungen gehen. An sich lassen sich die geforderten Stabilitäten mit Quarzen leicht erzeugen. Wegen der Schwierigkeiten in der Beschaffung von gutem Quarz wurde eine Lösung in Form eines magnetostriktiven Schwingers gefunden, der, obwohl nicht direkt in diesen Zusammenhang gehörend, kurz der Erwähnung wert ist. Diese Schwingen lassen sich bis über 300 kHz hinaus als Direktschwinger verwenden, d. h. ohne nachfolgende Frequenzvervielfachung.

Bild 6 gibt eine Ansicht eines solchen Schwingers und Bild 7 den Temperaturgang im Bereich 20...70° C, verglichen mit demjenigen eines Quarzes.

Bezeichnend für die eindeutige Frequenzhaltung durch den Schwingen selbst ist die Tatsache, daß der Einfluß der Schaltelemente der Oszillatorschaltung auf die Frequenzstabilität nicht größer ist als der Temperatureinfluß. Auch der Frequenzabgleich auf 0,1 Hz genau ist leicht möglich.

So wie eine lückenlose Belegung des Trägerfrequenzspektrums heute eine unbedingte Forderung darstellt, so gilt dasselbe für die Belegung des Niederfrequenzspektrums, die Feinaufteilung des Spektrums sozusagen.

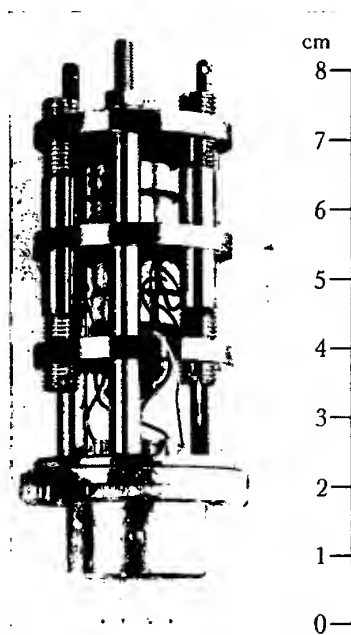


Bild 6 Magnetostriktiver Schwinger für 150 kHz, Gehäuse abgenommen. Die Schwingen sind mit Rinlocksockel ausgerüstet

Neben Telephonie bilden vor allem Fernmessungen, auch Fernsteuerbefehle usw. den wesentlichen zu übermittelnden Nachrichteninhalt.

Die Erfahrung zeigt, daß mit größter Wahrscheinlichkeit neben jeweils einzelnen Telephoniekanälen in einer bestimmten Richtung die Fernmeßkanäle und Steuerkanäle gruppenweise in derselben Richtung auftreten. Diese Gruppierung ist zweckbedingt. Sie unterscheidet sich von der bündelweisen Zusammenfassung von vorwiegend Telephoniekanälen längs Verbindungswegen der

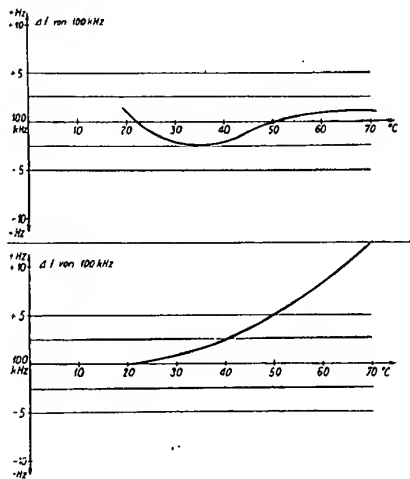


Bild 7 Vergleich des Temperaturganges ohne Thermostat bei 100 kHz für magnetostriktiven Schwingen (oben) und Quarz mittlerer Qualität (unten).

Postverwaltung wesentlich. Entsprechend dieser Gruppierung ist es bei EW-Telephonie wegen des technischen Aufwandes zweckmäßig, den in einer bestimmten Richtung laufenden Nachrichteninhalt in einem gemeinsamen Gerät zusammenzufassen. Das heißt, zu jedem Telephoniekanal soll von vornherein eine bestimmte niederfrequente Bandbreite unterhalb und oberhalb des Sprachbandes beifügt und für weitere Teilkanäle wie Fernmessungen reserviert bleiben.

Da Fernmessungen sozusagen immer gruppenweise auftreten, liegt es nahe, sie als Gruppeneinheit zu be-

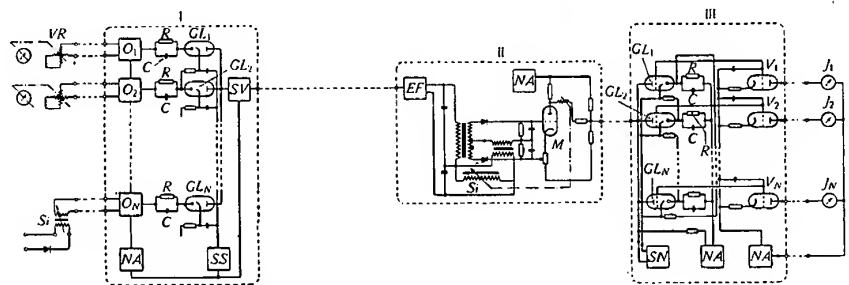


Bild 8 Vereinfachtes Prinzipschaltbild des Frequenz-Variations-Fernmeßkanales kombiniert mit zyklischer Rapidumschaltung

I = Fernmeßsender
II = Fernmeßempfänger
III = Zyklisches Umschaltgerät
VR = Variometer mit Geber-Meßinstrument gekuppelt
Si = Mit Gleichstrom steuerbare Induktivität tritt an Stelle des Variometers bei Strom- und Spannungsmessung
O₁...O_N = Niederfrequenzoszillatoren für die verschiedenen Meßwerte
GL₁...GL_N = Kaltkathoden-Schaltröhren

R/C = R/C-Glied im Kathodenkreis der Schalttröhre
SS = Synchronisierung, sendeseitig
SV = Sendeverstärker
NA = Netzanschlußgerät
EF = Empfangsfilter
M = Meßbrücke im Empfänger
V₁...V_N = Elektronische Meßwertspeicher
SN = Synchronisierung, empfangsseitig
J₁...J_N = Anzeiginstrument, empfangsseitig

trachten und für deren Übertragung ein Verfahren zu verwenden, das den Nachrichteninhalte einer Gruppe von beispielsweise 6 bis 12 Fernmeßkanälen mit einem Minimum an Bandbreite zu übertragen gestattet.

Es zeigt sich, daß die Aufteilung in der Zeit — d. h. Übertragung der Kanäle nacheinander in einem derart raschen Zyklus, daß die für die Anzeige wichtigen Zeitkonstanten noch keine Vergrößerung erfahren — eine Ersparnis von ca. 50 % an Bandbreite gegenüber den

werden. Als Umschaltorgane in der rein elektronisch arbeitenden Umschaltvorrichtung werden Kaltkathoden-Gasentladungstetroden verwendet, die in gezündetem Zustand sehr niederohmig sind und damit den jeweiligen Pfad schließen.

Die Anordnung solcher Röhren in sog. Zählringen auf Sende- und Empfangsseiten erlaubt den Aufbau von sehr einfachen Schalteinrichtungen, wie in Bild 8 ersichtlich. Das Schaltrohr wurde für den vorliegenden Zweck eigens entwickelt. Bemerkenswert an dem Rohr ist, daß es sowohl Tonfrequenzen sendeseitig wie auch Gleichspannungen empfangsseitig mit der für Meßwerte erforderlichen Präzision und Stabilität durchzuschalten gestattet.

Die Synchronisation erfolgt entweder von der Sendeseite aus, sofern alle Fernmeßwerte gebündelt von einem Punkt A nach B übertragen werden sollen, oder von der Empfangsseite aus, wenn die Meßwerte aus verschiedenen Anlagen gesammelt werden müssen.

Der Übertragungszyklus umfaßt jeweils 8 Meßwerte, bei kleinerer Anzahl werden wichtige Meßwerte mehrmals pro Zyklus wiederholt, bei mehr als 8 Meßwerten wird der Zyklus um weitere 8 Einheiten vergrößert.

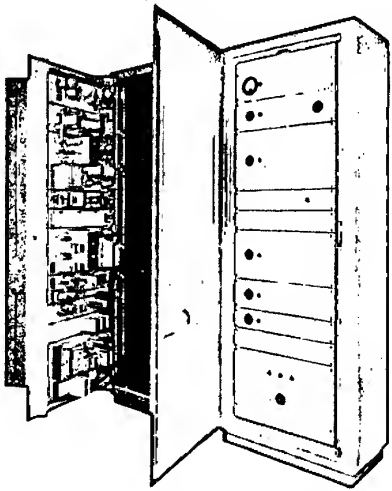


Bild 9 Einseitenband-EW-Telephoniegerät; rechts Ansicht mit geöffneter Tür, links Tür geöffnet und Chassis-Trägerahmen ausgeschwenkt

Verfahren ergibt, die auf einer Aufteilung in der Frequenz beruhen, z. B. durch frequenzmäßiges Nebeneinanderlegen der Kanäle mit 120 Hz Abstand. Dazu kommt noch der Vorteil, daß die innerhalb einer gewissen Bandbreite zugelassene Sendeleistung momentan jeweils auf einen Kanal fällt, d. h. gegenüber dem Einzelträgerverfahren eine weitere Verbesserung des Verhältnisses Nutz- zu Störpegel ergibt.

Diese Verbesserung bleibt zudem unabhängig von der Anzahl der übermittelten Fernmeßkanäle. Eine zyklische Umschaltung von Meßwerten mit einem Schaltrhythmus von z. B. 10 Werten pro Sekunde setzt jedoch ein Meßverfahren voraus, daß selbst um eine Größenordnung kleinere Einstellzeiten aufweist, d. h. eine Zeitkonstante von ca. 10 ms besitzen muß.

Das hier angewendete Frequenzvariationsverfahren, bei dem eine Frequenz meßwertproportional verändert wird, kann auf derart kleine Zeitkonstanten gebracht

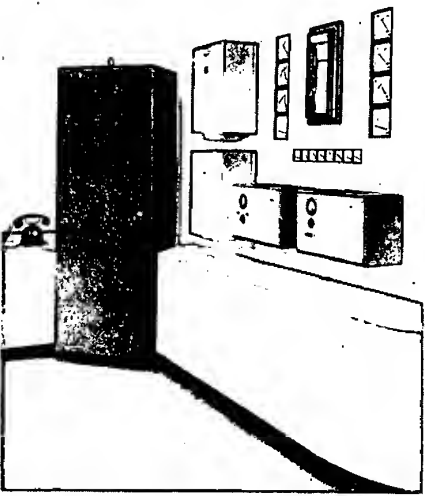


Bild 10 Gesamtaufwand einer Übertragungsanlage nach dem Einseitenbandverfahren für 1 Telephoniekanal mit automatischer Wahl und gleichzeitiger Übertragung von 8 Meßwerten. Links: Trägerfrequenzgerät. Senkrecht: Hauszentrale für 10 Teilnehmer, sowie Verbindungsgerät für Fernwahl mit Fernkennziffer und Vierdrahtdurchschaltung. Waagerecht: Fernmeßempfänger und zyklisches Umschaltgerät für 8 Fernmeßkanäle. Anzeiginstrumente: je 2 Instrumente in verschiedener Größe pro Wert, ferner eine Summierung registrierend für 2 der Meßwerte

Bei dem beschriebenen Verfahren sind alle Meßwerte übertragbar, die sich durch einen Winkelausschlag oder einen Strom darstellen lassen. Im ersten Fall sind es direkt mit den sendeseitigen Anzeige-Instrumenten gekuppelte Variometer, im zweiten Fall durch Gleichstrom gesteuerte Induktivitäten, welche als Geber arbeiten.

Bild 9 gibt eine Ansicht des beschriebenen Einseitenbandgerätes, welches auf Grund der erwähnten Möglichkeiten zur Störverminderung gebaut ist und das eine lückenlose Belegung des Trägerfrequenzspektrums gestattet. Bild 10 zeigt den Gesamtaufwand, der für die Übertragung eines Telephoniekanals mit Fernwahl und gleichzeitiger Übertragung von acht Meßwerten auf der Empfangsseite notwendig ist. Der sendeseitige Aufwand ist noch kleiner. Der Fernmeßkanal kann als selbständige Baueinheit über jeden beliebigen Verbindungsweg eingesetzt werden. Die Anzeige ist kontinuierlich, die Zeitkonstante pro Kanal beträgt ca. 1 Sekunde. Meßwerte können sowohl sendeseitig, wie empfangsseitig summiert werden.

Aussprache

Herr B. Finckh, Stuttgart: Wieviel Meßwerte können gleichzeitig in einem Band von 400 Hz Breite übertragen werden, wenn mit einer Einschwingzeit des Meßwertergebnisses von etwa 1 s gerechnet wird?

Herr J. Sorge, Berlin: Welche Bandbreite erfordert das Frequenzvariationsverfahren bei der Übertragung eines Meßwertes?

Herr E. Koch, Backnang: Wie groß ist die Einstellzeit eines Meßwertes?

Vortragender: Die Einschwingzeit pro Meßwert hängt bei zyklischer Übertragung und bei vorgegebener Schaltgeschwindigkeit nur von der Anzahl der übertragenen Werte ab. Eine Zeitkonstante von 1 s ergibt sich für etwa acht Meßwerte. Die kleinste Zeitkonstante erhält man, wenn nur ein einziger Meßwert übertragen wird, d. h. bei dauernder Übertragung ohne zyklische Umschaltung. In diesem Falle ist die Zeitkonstante diejenige des Grundkanals, also etwa 10 ms.

Die Bandbreite des Übertragungskanals bleibt unabhängig von der Anzahl der übertragenen Werte konstant gleich etwa 15% der Mittelfrequenz des Kanals. Eine Erhöhung der Schaltgeschwindigkeit über 10 Werte pro s hinaus ergibt eine merkliche Verbreiterung des zur Übertragung notwendigen Frequenzbandes.

Herr J. Sorge, Berlin: Können bei dem rapidzyklischen System Meßwerte „unterwegs“ eingeschleust werden? Ist Summenbildung der Meßwerte am Empfangsort möglich?

Herr G. Häbeler, Stuttgart: Wie groß ist die Lebensdauer der für den elektronischen Umschalter verwendeten Kaltkathodenröhren, und auf welche Weise wird der Synchronismus zwischen Sende- und Empfangsumschalter sichergestellt?

Vortragender: Meßwerte können unterwegs „eingeschleust“ werden, indem die örtlich getrennten Sendeeinrichtungen von der gemeinsamen Empfangsstelle aus synchronisiert werden. Die Synchronisierung erfolgt nach grundsätzlich denselben Methoden wie beim Fernsehen.

Summenbildung am Empfangsort ist ohne weiteres möglich, da die Empfangseinrichtung meßwertproportionale Ströme abgibt. Durch die Verwendung von sogenannten Reinmetallkathoden, z. B. aus Molybdän, an Stelle von Kathoden mit aktivierter Oberfläche kann die Lebensdauer von Kaltkathoden-Gasentladungsröhren um mehrere Größenordnungen gesteigert werden. Die Lebensdauer solcher Röhren kann heute praktisch als „unbegrenzt“ bezeichnet werden.

Herr B. Finckh, Stuttgart: Ist man mit dem Einseitenbandsystem in der Lage, an Stelle eines Gesprächs

im Zweiseitenbandverfahren in den 5 kHz breiten Bändern bei z. B. 50 und 65 kHz nun im Einseitenbandverfahren zwei Gespräche einzurichten, und zwar so, daß die eine Gesprächsrichtung z. B. im Band 47,5 ... 50 und die andere Gesprächsrichtung im Band 50 ... 52,5 kHz liegt? Welche Bandbreite hat dann das Gespräch?

Vortragender: Es bestehen zwei Varianten des Einseitenbandgerätes, einmal für eine Bruttobandbreite von 4 kHz in Fällen, wo Telephonie und Fernmeßkanäle gleichzeitig übertragen werden müssen. Bei 5 kHz Teilung der Trägerfrequenzen kann die restliche Bandbreite von 1 kHz noch für die Übertragung von direkt modulierten Einzelkanälen für Impuls-Fernmessungen oder Steuerkanäle verwendet werden.

Die zweite Variante für reine Telephonieübertragung ist für eine Bruttobandbreite von 2,5 kHz (Telephoniekanal 300 ... 2100 Hz) vorgesehen.

In beiden Fällen können Sende- und Empfangskanal frequenzmäßig direkt nebeneinandergelegt oder innerhalb des Bereiches 44 ... 320 kHz frei geführt werden. Die Belegung von Lücken von 5 kHz Breite mit 2 Telephoniekanälen für Gegensprechverkehr ist im gesamten Trägerfrequenzbereich möglich.

Herr J. Boysen, Essen: Ist der von dem Vortragenden erwähnte magnetostruktive Schwinger als Ersatz für die Frequenzkonstanthaltung durch Quarze erst im Stadium der Erprobung oder schon in serienmäßiger Fertigung?

Vortragender: Der magnetostruktive Schwinger befindet sich sowohl für Frequenzkonstanthaltung als auch als Filterelement in serienmäßiger Fertigung.

Herr G. Häbeler, Stuttgart: Der Vortragende bemerkte, daß mit dem üblichen Ringmodulator nicht die notwendige Freiheit von störenden Modulationsprodukten erreicht werden kann. Dies ist aber durchaus der Fall, wie die Anwendung in Vielbandsystemen zeigt. Auch wurde bereits der Ringmodulator zur linearen Demodulation in Einseitenbandgeräten für Hochspannungsleitungen verwendet, wobei wegen der geringen Vorselektion Störsignale mit wesentlich größerer Amplitude als das Nutzsignal auf den Demodulator treffen.

Vortragender: Die mit der Einführung der rechteckförmigen Demodulationsspannung erreichte Herabsetzung von störenden Modulationsprodukten könnte mit Ringmodulatoren nur bei einem derart kleinen Modulationsgrad erreicht werden, daß der Einfluß von Rauschspannungen infolge des sehr kleinen Pegels des umgesetzten Signales die zuzulassenden Werte übersteigen würde. Die genauere Betrachtung des Umsetzvorganges zeigt, daß die Anwendung eines sehr kleinen Modulationsgrades bei sinusförmiger Umsetzspannung (z. B. im Falle des Ringmodulators) einerseits oder einer rechteckförmigen bzw. trapezförmigen Umsetzspannung andererseits letzten Endes auf ein und dasselbe hinausführt. Wird das Trapezsinal als Ausschnitt aus einem sinusförmigen Signal sehr großer Amplitude angenommen, so erscheint der Modulationsgrad bezogen auf das ursprünglich unlimitierte Signal als sehr klein.

Für die Modulationsprodukte, die aus dem Umsetzvorgang folgen, ist nicht die vollständige Kurvenform des umsetzenden Signales verantwortlich, sondern im wesentlichen nur der Nulldurchgang und die Flankensteilheit dieses Stückes. Der Rest des Signales kann ruhig abgeschnitten werden. Auf diese Weise gelingt es, die erwünschte Verminderung von Störprodukten zu erreichen unter Umgehung kleiner Modulationsgrade, die mit den oben erwähnten Nachteilen verbunden ist. Die theoretische Behandlung wie auch die praktische Nachmessung, auf deren Darstellung in diesem Rahmen verzichtet werden muß, zeigen, daß diese Betrachtungsweise, die auf den ersten Blick sehr befremdlich erscheint, tatsächlich richtig ist.

Fernsteuerung in Starkstromnetzen durch Überlagerung tonfrequenter Impulse

Von W. Blum

Der Zweck und die Hauptaufgabe der Fernsteuerung ist, den Verbrauch an elektrischer Energie elastisch, den jeweiligen Gegebenheiten der Stromversorgung entsprechend, von zentraler Stelle aus zu lenken. Daneben lassen sich aber auch noch andere Aufgaben lösen. Diese Fernsteuerung wird wohl die heute noch allgemein übliche Schaltuhr immer mehr ersetzen.

Um mehrere voneinander verschiedene Kommandos übertragen zu können, kann man entweder für jedes Kommando eine besondere Steuerfrequenz senden, oder aber man benutzt nur eine Frequenz und führt dabei ein Wahlverfahren durch, das sich entweder auf der Zahl der Impulse (Impulszahlverfahren) oder auf den zeitlichen Abständen zwischen den einzelnen Impulsen (Impulsintervallverfahren) aufbaut.



Bild 1 Störspannungsdiagramm für 2000 Hz ± 100 Hz

In der praktischen Durchführung haben sich bei Verwendung verschiedener Frequenzen für die einzelnen Kommandos Schwierigkeiten technischer und wirtschaftlicher Art ergeben, so daß die moderne Entwicklung sich ausschließlich den Verfahren mit nur einer Steuerfrequenz zugewandt hat.

Um die wesentlichsten Probleme, die bei der Ausbreitung der tonfrequenten Steuerenergie im 50 Hz-Netz auftreten, kennenzulernen, gehen wir am zweckmäßigsten vom Verbraucher, d. h. vom Empfänger aus, der die Impulse aus dem Netz wieder aussieht. Hier wollen wir zunächst die Voraussetzungen untersuchen, die erfüllt sein müssen, damit ein an sich betriebs-sicherer Empfänger auch unter schwierigen Netzverhältnissen einwandfrei arbeitet. Von diesen Voraussetzungen ausgehend, verfolgen wir dann rückwärts über Freileitungen, Kabel und Transformatoren hinweg, zu welchen Bedingungen sie für den Steuersender führen.

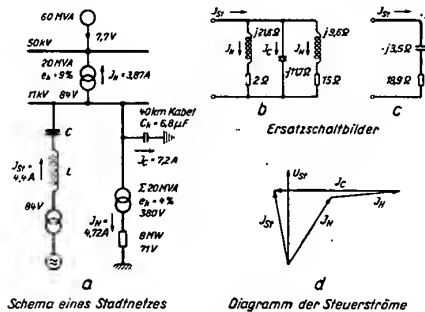


Bild 2 Schema eines Stadtnetzes, Ersatzschaltbild und Diagramm der Steuerströme

Vor allem muß, wie bei jeder anderen Signalübertragung auch, dafür gesorgt werden, daß der Nutzpegel des Signals immer eindeutig über den jeweiligen Störpegel hinausragt. Mit welchem Störpegel ist in den Starkstromnetzen zu rechnen? Einmal sind die Oberwellen der 50 Hz-Spannung da, teilweise sogar recht stark. Im allgemeinen kann man aber sagen, daß ihre Amplitude mit zunehmender Ordnungszahl rasch abnimmt, wenn man von örtlichen Resonanzen absieht. So wie

die Verhältnisse in unseren Netzen liegen, müssen für den Bereich unter 1000 Hz die Steuerfrequenzen die Gebiete der Oberwellen unbedingt meiden. Über 1000 Hz sind die Amplituden der Oberwellen so klein, daß man auf sie keine Rücksicht zu nehmen braucht, von sehr seltenen Resonanzfällen abgesehen. Diese Ansicht wird durch Messungen in vielen Netzen bestätigt (Bild 1). Sie haben ergeben, daß die quasistationären Störungen (harmonische + nichtharmonische) einen maximalen Wert von 300 mV nicht überschreiten, wenn man von einigen besonders stark ausgeprägten Oberwellen absieht, deren Frequenzbereich ja sowieso gemieden werden muß.

Viel gefährlicher als diese quasistationären Störungen sind die Spannungsschöße, die z. B. beim Schalten von größeren Lasten oder bei Blitzschlägen auftreten. Sie können erhebliche Amplituden erreichen. Zum Glück sind sie nur von sehr kurzer Dauer. Die Empfänger müssen natürlich auch gegen diese Störungen immun sein. Bei einer Art von Empfängern (Landis & Gyr, General Electric Company, Vickers Armstrong u. a.) wird dies dadurch erreicht, daß man den Signalnutzpegel höher als die maximal auftretenden Spannungsschöße legt. Daß dies nicht unbedingt nötig ist, zeigt der Empfänger des AEG-Zellweger-Systems, bei dem unter geschickter Ausnutzung des Faktors Zeit der Empfänger auch auf kurzzeitige Spannungsschöße großer Amplitude nicht anspricht. Einzelheiten werden weiter unten noch dargelegt werden.

Ein anderes System führt als Sicherung gegen Fehlauslösungen die periodische Wiederholung der Kommandos ein.

Bei 220 Volt Nennspannung des Starkstromnetzes liegen die niedrigsten Ansprechspannungen (AEG-Zellweger-System) bei 1,5 Volt. Bei den Empfängern, deren Nutzpegel auch über dem Störpegel der Spannungsschöße liegt, beträgt die Ansprechspannung 5 Volt und mehr. Je kleiner jedoch die Ansprechspannung der Empfänger ist, um so niedriger ist auch die notwendige Steuerleistung.

Welche Verluste erleidet nun die Steuerenergie auf ihrem Weg von der Sendeanlage über Freileitungen, Kabel und Transformatoren hinweg, falls sie, wie es heute meist üblich ist, in das Mittelspannungsnetz eingespeist wird?

An Hand eines einfachen, der Praxis entnommenen Beispiels, sollen im folgenden die auftretenden Strom- und Spannungsverhältnisse betrachtet werden. Bild 2 (a...d) zeigt das Schema eines städtischen Kabelnetzes, dessen verschiedene Abzweige zu einem resultierenden zusammengefaßt sind. Die 11 kV-Sammelschiene des Unterwerks wird über einen 20 MVA-Transformator aus dem 50 kV-Netz gespeist. Das Niederspannungsnetz ist über ein Kabelnetz an die 11 kV-Sammelschiene angeschlossen. Das Ersatzschema (Bild 2 b) wurde für eine Steuerfrequenz von 2000 Hz nach denselben Grundsätzen, wie sie für 50 Hz allgemein üblich sind, ermittelt. Für die Bestimmung des notwendigen Steuerstroms benötigt man die resultierende Netzimpedanz (Bild 2 c). Damit hat man alle Unterlagen, um die Strom- und Spannungsverhältnisse, wie sie im Bild 2 a eingetragen sind, zu ermitteln. Die angegebenen Werte beziehen sich auf 11 kV. Bei einer Steuerspannung am Sender von 84 Volt erhält man am Empfänger im Niederspannungsnetz noch eine Steuerspannung von 71 Volt. Bezogen auf 220 Volt entspricht dies 2,5 Volt, ein Wert, wie er für Empfänger mit Energiespeicher, und solche sind in diesem Netz eingesetzt worden, völlig ausreicht. Für den Steuersender ergibt sich eine Leistung von 1,1 kW. Im Hinblick auf die zu erwartenden Netzerweiterungen wurde ein 2,5 kW-Generator eingesetzt.

Bild 2d zeigt das Diagramm der Steuerströme für das Netz des Bildes 2a. Der kapazitive Steuerstrom I_{St} , den die Kabel aufnehmen, wird durch den induktiven, der über den Hochspannungstransformator fließt, weitgehend kompensiert. Die Kabelkapazität ist demnach bei der hohen Frequenz nicht nur nicht unerwünscht, sondern durchaus angenehm.

Ein Abfließen von wesentlichen Teilen der Steuerenergie in benachbarte Netze muß vermieden werden, da Fehlauslösungen in jenen Netzen nicht tragbar sind. Grundsätzlich muß man teure Parallelresonanzkreise, die für die volle 50 Hz-Kurzschlußleistung ausgelegt sein müssen, als Sperren in den Zug der Leitung einbauen. Für höhere Steuerfrequenzen löst sich dieses Problem in den allermeisten Fällen auf elegante Weise von selbst. Die Sperrung ist ja letzten Endes nur eine Frage der Spannungsaufteilung an hintereinandergeschalteten Impedanzen. Im Beispiel des Bildes 2b liegen die Streureaktanz des Hochspannungstransformators und die Impedanz des Hochspannungsnetzes in Reihe. Letztere ist wesentlich kleiner als die Streureaktanz des Transformators. So ergibt sich, daß die an der Impedanz des Hochspannungsnetzes auftretende Steuerspannung, bezogen auf das Niederspannungsnetz, nur 0,27 Volt beträgt. Sie reicht also nicht aus, um einen Empfänger zum Ansprechen zu bringen. Daß diese Sperrung nicht auch beim Niederspannungsnetz auftritt, liegt daran, daß einmal die Impedanz des Niederspannungsnetzes größer als die des Hochspannungsnetzes ist, und zum anderen daran, daß die Niederspannungstransformatoren eine kleinere Streureaktanz aufweisen. Beide Umstände begünstigen einen hohen Spannungspegel im Niederspannungsnetz.

Ströme und Spannungen breiten sich auf Freileitungen und Kabeln in Form von gegenläufigen Wellen aus. Bei einer leerlaufenden Leitung mit kleinen Verlusten ergeben sich stehende Wellen. Am Leitungsende befindet sich ein Spannungsbauch und ein Stromknoten. Der Abstand zweier Spannungsnoten stellt die halbe Wellenlänge λ dar. Für 50 Hz ist bei einer Freileitung $\lambda \sim 3000$ km und bei einem Kabel etwa 1500 km. Bei 1000 Hz sind die entsprechenden Werte 75 bzw. 37,5 km. Bei $\lambda/4$ langen Leitungen ergeben sich im Leerlauf unerwünschte Spannungserhöhungen, weshalb solche Leitungslängen vermieden werden müssen (Bild 3). Notfalls muß eine niedrigere Steuerfrequenz gewählt werden. Ist die Leitung durch ohmsche Last gedämpft, so können sich stehende Wellen nicht mehr in solch kritischem Maße ausbilden.

Eine weitere Quelle von unerwünschten Spannungserhöhungen sind Resonanzerscheinungen, die dann auftreten können, wenn Kondensatoren über Freileitungen oder Transformatoren an das Netz angeschlossen sind. Bei schwacher Dämpfung durch ohmsche Verbraucher können leicht Spannungserhöhungen um das Vierfache auftreten, z. B. wird die Resonanzfrequenz 500 Hz erreicht, wenn der Kondensator in unmittelbarer Nähe des Transformators angeschlossen ist und die Kondensatorleistung etwa 25 % der Transformatorleistung beträgt. Wird die Kapazität über den Resonanzpunkt hinaus erhöht, so sinkt die Steuerspannung wieder ab und wird bei noch größeren Kapazitäten durch immer größer werdende Spannungsabfälle unbrauchbar klein. Bei einer Steuerfrequenz von 2000 Hz ist im allgemeinen eine Kondensatorleistung von 10 % der Transformatorleistung ohne Verdrosselung zulässig.

Die Praxis hat diese Überlegungen voll bestätigt, so daß man heute unabhängig von der Höhe der Steuerfrequenz größere Kondensatoren verdrosselt. Wenn man aber schon verdrosseln muß, so ist den höheren Frequenzen der Vorzug zu geben, da für diese die Drosseln kleiner und billiger werden. Bei dieser Verdrosselung ist zu beachten, daß die Kondensatoren höher belastet werden. Aus diesem Grund darf die Eigenfrequenz zwi-

schen Drossel und Kapazität nicht zu tief gewählt werden. Bei einer Eigenfrequenz von 350 Hz ergibt sich am Kondensator eine Spannungserhöhung von 2 %, was einer um 4 % höheren Kondensatorleistung entspricht. Da die vorgeschaltete Drossel hiervon 2 % verbraucht, bleibt resultierend eine um 2 % größere Blindleistungsaufnahme.

Aber nicht nur einzelne größere Kondensatoren, sondern auch die Vielzahl der kleinen können für die Steuerenergie zu untragbaren Verhältnissen führen. Dies ist im Hinblick auf die immer größer werdende Zahl der Leuchtstoffröhren mit ihren Kompensationskondensatoren zu beachten. Es wäre daher sehr wünschenswert, wenn auch in Deutschland, so wie z. B. in der Schweiz, die Empfehlungen der CEE beachtet und von den zuständigen Stellen Richtlinien für die Schaltung dieser Vorsatzgeräte herausgegeben würden, die auch die Belange der Fernsteuerung berücksichtigen.

Alle diese Überlegungen über die Ausbreitung der Steuerimpulse lassen erkennen, daß die Höhe der Steuerfrequenz in mannigfacher Weise die Planung und die Dimensionierung einer solchen Anlage beeinflusst.

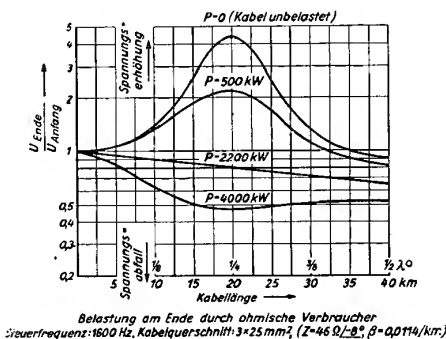


Bild 3 Spannungsabfall an 10 kV-Kabel mit Berücksichtigung der Kabeldämpfung.

Welches ist nun die günstigste Steuerfrequenz? Diese Frage läßt sich nicht eindeutig beantworten. Sie hängt weitgehend von den jeweiligen Netzverhältnissen ab. Es gibt Faktoren, die eine möglichst hohe Frequenz als ratsam erscheinen lassen, und es gibt solche, die mehr nach einer niedrigeren Frequenz weisen. Für die Mehrzahl der deutschen Netze kann man aber wohl sagen, daß eine höhere Frequenz verschiedene wesentliche Vorteile bringt. Die heutige Fernsteuerpraxis arbeitet mit Frequenzen zwischen 475 und 2000 Hz, wobei die Tendenz zu den höheren Frequenzen bei allen Systemen erkennbar ist.

Die erforderliche Steuerleistung hängt einmal von der kleinsten Netzimpedanz ab und zum anderen davon, welchen Nutzpegel man am Empfänger benötigt. Wie oben schon erwähnt, unterscheiden sich in diesem Punkt die einzelnen Empfängersysteme wesentlich voneinander. Bei Systemen mit Energiespeicher z. B. werden etwa 0,2 % der installierten Netzleistung als Steuerleistung benötigt.

Betrachten wir ganz kurz die geschichtliche Entwicklung, so sehen wir, wenn wir von den ersten unzulänglichen Versuchen vor dem ersten Weltkrieg absehen, daß die Franzosen in den zwanziger Jahren das erste praktisch brauchbare System entwickelt hatten, das heute noch in Paris in Betrieb ist. Dieses System „Actadis“ benutzt für jedes Kommando eine andere Frequenz. Es arbeitet mit einem Frequenzband zwischen 290 und 1000 Hz. Später wurden auch in Deutschland — Siemens Telenerg-System — und England ähnliche Versuchsanlagen gebaut.

Etwa im Jahre 1938 setzte die Entwicklung der modernen Systeme mit nur einer Steuerfrequenz in Verbindung mit einem Wählverfahren ein. Der heutige

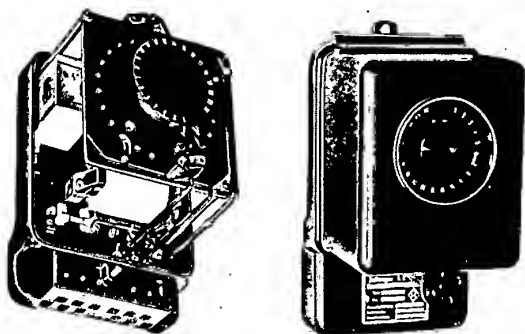


Bild 4 Empfänger für 11 Doppelkommandos

Stand spiegelt sich in sieben praktisch erprobten Systemen wider. Weitere Systeme scheinen in der Entwicklung zu sein. Alle diese Systeme unterscheiden sich im wesentlichen nur durch ihre verschiedenen Arbeitsprinzipien der Empfänger. Zwar besitzen alle Empfänger einen Synchronmotor, der vom 50 Hz-Netz gespeist wird und der dadurch den synchronen Lauf aller in einem Netz angeschlossenen Empfänger gewährleistet, aber das Prinzip, wie die ankommenden Impulse verarbeitet werden, ist verschieden.

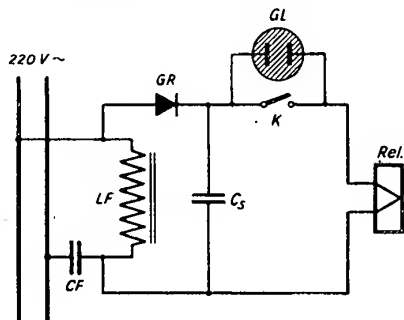


Bild 5 Eingangsschaltung eines Empfängers mit Energiespeicher

Die verschiedenen Empfängertypen lassen sich nach ihrem Arbeitsprinzip in drei Gruppen einteilen:

- a) Empfänger, die ihre Ansprechenergie zeitlich unmittelbar und ohne Verstärkung dem Netz entnehmen,
- b) Empfänger, die ihre Ansprechenergie zeitlich unmittelbar entnehmen, sie aber verstärken,
- c) Empfänger, die ihre Ansprechenergie über einen Energiespeicher dem Netz entnehmen.

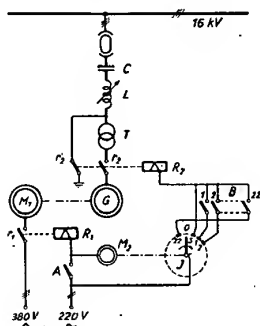


Bild 6 Prinzipschaltbild einer Sendeanlage

Zur Gruppe a) gehören die Empfänger der Firmen General Electric Company, Landis & Gyr, Line Material und Vickers-Armstrong. Bei den Empfängern der Line Material steuern die gleichgerichteten Impulse ein hochempfindliches Gleichstromrelais. Bei den Empfängern der

drei anderen Firmen bilden die Schaltrelais einen Teil des Eingangsresonanzkreises.

In die Gruppe b) sind die Empfänger der Firma Sauter AG. einzureihen, die hinter dem Eingangsresonanzkreis als Impulsverstärker eine Dreielektroden-Glimmröhre mit kalter Kathode benutzen.

Die AEG-Zellweger-Empfänger (Bild 4) gehören zur Gruppe c) mit Energiespeicher. Als Energiespeicher dient ein hochwertiger Kondensator, der die kleine ankommende Impulsenergie (etwa 50 mW) während der Dauer eines Impulses (mindestens 5 sec) speichert (Bild 5). Die so gespeicherte Energie wird an das Steuerrelais erst weitergegeben, wenn sie einen Betrag erreicht hat, der ausreicht, um dieses Steuerrelais sicher zu schalten. Dieses System erfordert zwar etwas mehr Zeit, aber es hat den Vorteil, daß es mit kleiner Senderleistung auskommt. Als Meß- und Schaltorgan für den Energiespeicher dient eine Zweielektroden-Glimmröhre. Bei anderen Systemen werden zur Durchführung der Steuerung Quecksilberschaltröhren verwendet. Die Technik

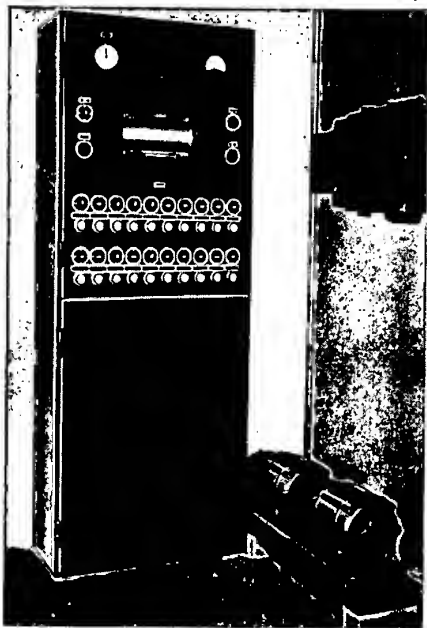


Bild 7 Kommandogerät

beider Bauelemente wird seit längerer Zeit so gut beherrscht, daß heute Glimmröhren und Schaltröhren in der Starkstromtechnik nicht mehr mit Mißtrauen betrachtet werden. Beim Speicherverfahren können die Vorteile der höheren Steuerfrequenzen voll ausgenutzt werden, auch wenn die Spannungsabfälle etwas höher liegen.

Die Sendeanlagen bestehen heute aus wirtschaftlichen Gründen überwiegend aus rotierenden Frequenzumformern. Die Ankopplung an das Starkstromnetz erfolgt über dreiphasige Resonanzkreise (Bild 6). Die Tastung der Impulse wird durch ein Kommandogerät (Bild 7) gesteuert, das alle notwendigen Apparate, wie Mutteruhr, Steuerschalter, Kontrollorgane usw., enthält. Die Sicherheit der Steuerung läßt sich noch dadurch erhöhen, daß der dreiphasige Einspeiseresonanzkreis während der Sendepausen kurzgeschlossen und geerdet wird und so einen Saugkreis für Störspannungen mit der gleichen Frequenz wie die Steuerfrequenz darstellt.

Die heute meist übliche dreiphasige Paralleleinspeisung bietet gegenüber der Serieneinspeisung wesentliche Vorteile, da sie ohne jegliche Eingriffe in die bestehende Anlage an jedes Sammelschienen-system angebaut werden kann. Ihr Platzbedarf entspricht z.B. bei dem in Bild 2 dargestellten Beispiel nur dem einer normalen

Schaltzelle (Bild 8 und 9). Bei Serieneinspeisung dagegen muß jeder Abzweig aufgetrennt und mit Kopplungsgliedern versehen werden, die außerdem noch für die volle Kurzschlußleistung des Abzweiges bemessen sein müssen.

Die moderne Entwicklung in der Zentralisierung der Steuerung geht nicht so weit, daß man unter allen Umständen auch die größten Netze von einer zentralen

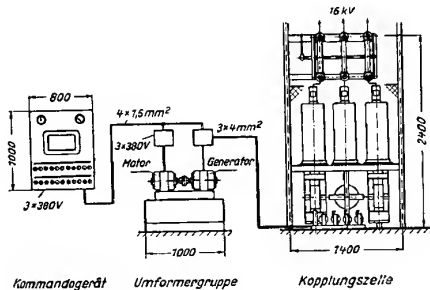


Bild 8 Sendeanlage für ein 16 kV-Netz mit 5 MVA Spitzenlast

Stelle aus mit nur einem Sender auszusteuern versucht, sondern man ist aus verschiedenen Gesichtspunkten heraus zu der Überzeugung gekommen, daß man Netz- teile von beispielsweise 30 bis 50 MVA zu Steuer- einheiten zusammenfaßt und jede mit einem besonderen Steuersender ausrüstet. Schon aus Gründen der Betriebs- sicherheit wird man diese Maßnahme für zweckmäßig halten müssen.

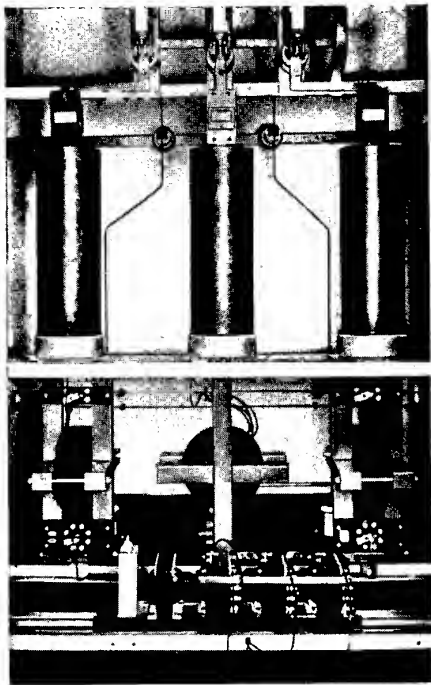


Bild 9 Kopplungszone

Es liegen heute praktische Erfahrungen mit Fern- steueranlagen über mehrere Jahre in vielen kleinen, mittleren und großen Netzen vor. Auf Grund dieser Erfahrungen kann festgestellt werden, daß das Problem der Fernsteuerung durch Überlagerung tonfrequenter Im- pulse betriebssicher gelöst ist. Bei den Elektrizitäts- werken liegt es nun, sich die Vorteile einer solchen An- lage zu Nutze zu machen.

Schrifttum

[1] M. Chiról, Système d'action à distance pour la commande sans fil piloté... Revue Générale d'Electricité, Nov. 1931, S. 795.

[2] E. Masson et R. Fluard, Influence des condensateurs utilisés dans les réseaux de distribution sur les fonctionnées des dispositifs d'action à distance. Revue Générale d'Electricité, Nov. 1931, S. 90.
[3] Die Überlagerung größerer Hochspannungsnetze mittels des Telnergsystems. Siemens-Zeitschrift 1933, S. 105.
[4] R. M. A. Smith, Centralized Control. Metropolitan Vickers Gazett 1940, S. 76.
[5] Ross and Smith, Centralized ripple control on high voltage networks. Inst. of Electr. Eng., Nov. 1947.
[6] Praktische Erfahrungen mit der Zentralsteuerung. Elektrizitäts- wirtschaft 49. Jg., Heft 5, S. 151.
[7] Grob, Ein neues schweizerisches Zentral-Steuerungssystem ohne Steuerdraht. Electrotechnik 26 (1948) Nr. 10.
[8] P. Minder, Tonfrequenz-Netzkommandoanlagen in den USA. Bull. S. E. V. Bd. 41 (1950) Nr. 25 S. 914.
[9] Prospekte und Veröffentlichungen der Firmen AEG-Zellweger, Compagnie des Compteurs, General Electric Company, Landis & Gyr, Line Material, Sauter A. G., Vickers-Armstrong.

Aussprache

Herr G. Ogurkowski, Zug (Schweiz): Gestatten Sie mir eine Lanze zu brechen für die Systeme, die mit tieferen Frequenzen arbeiten, als das soeben be- schriebene.

Der Vortrag führte aus, daß der Störpegel, hervor- gerufen durch die höheren Harmonischen der Netzfre- quenz unter 1000 Hz, bedeutend höher liegt als im Ge- biet von 2000 Hz oder m. a. W., daß der prozentuale Spannungsanteil der höheren Harmonischen mit stei- gender Frequenz rasch abnimmt. Dies ist wohl richtig, andererseits liegen aber im höheren Frequenzbereich die Störfrequenzen, relativ betrachtet, näher beieinander, so daß im Netz (besonders bei Verwendung von Emp- fängern mit Verstärkung) eine höhere Frequenzkonstanz gefordert werden muß. Z. B. fällt für die Steuerfrequenz 2000 Hz bei einer Netzfrequenz-Schwankung von 50 Hz $\pm 2,5\%$ die 39. bzw. 41. Harmonische bereits auf die Abstimmfrequenz des Empfängers, während dies für die Steuerfrequenz 500 Hz erst bei einer Netzfrequenz- Schwankung von 50 Hz $\pm 10\%$ der Fall ist, und zwar für die 9. bzw. 11. Harmonische.

Den Empfängersystemen für tiefere Steuerfrequenzen gemeinsam ist das Fehlen jeglicher Verstärkereinrich- tung, da die Übertragungseigenschaften der Starkstrom- netze für diese Steuerfrequenzen noch so gut sind, daß das selektive Empfangsorgan die zur Betätigung des Re- lais notwendige Tonfrequenzenergie aus dem Netz be- ziehen kann. Dafür muß natürlich eine etwas umfang- reiche Sendeanlage in Kauf genommen werden. Wesent- lich ist aber dabei, daß die in großen Stückzahlen im ganzen Netz verteilten Empfänger in ihrem konstruk- tiven Aufbau so einfach wie möglich gehalten werden können, und daß die dafür aufzuwendenden Unterhal- tungskosten auf ein Minimum gesenkt werden. Ob die Aufstellung eines Frequenzplanes die gegenseitige Be- einflussung verschiedener ferngesteuerter Netze ohne Verwendung von Sperren verhindern kann, steht vor- läufig noch nicht fest, da die Anzahl der zur Verfügung stehenden Frequenzen im Tonfrequenzband relativ ge- ring ist. Es kann auch nicht immer und in allen Fällen mit einer natürlichen Sperrung durch die Streureaktan- zen der Transformatoren gerechnet werden.

Wie aus dem Vortrag hervorgeht, muß im Gebiet von 2000 Hz schon bei mäßig ausgedehnten Kabelnetzen mit den bekannten Erscheinungen der stehenden Wellen gerechnet werden, was zu erheblichen Instabilitäten der Steuerspannung führen kann. Im Frequenzgebiet zwis- chen 400 ... 700 Hz dagegen treten diese Umstände kaum in Erscheinung.

Im Vortrag wurde sodann erwähnt, daß der Einfluß von Starkstromkondensatoren bei einer Steuerfrequenz von 2000 Hz sich dann durch Erhöhung der Steuer- spannung bemerkbar macht, wenn die Kondensator- leistung etwa 10 % der Nennleistung der Transforma- toren beträgt. Serienresonanz zwischen der Streureak- tanz der Transformatoren und der Kapazität der Kon- densatoren tritt bei einer Kurzschlußspannung des Trans- formators von 4 % und einer Steuerfrequenz von 500 Hz ein, wenn die Kondensatorleistung etwa 30 % der Nenn- leistung der Transformatoren beträgt. Zulässig sind 20 %.

Meines Erachtens muß aber bei 2000 Hz diese Serienresonanz und damit auch eine unzulässige Erhöhung der Steuerspannung bei einem wesentlich kleineren Prozentsatz Kondensatorleistung — bezogen auf die Nennleistung der Transformatoren — eintreten.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß heute nachmittag Gelegenheit besteht, eine Fernsteueranlage mit der Steuerfrequenz 475 Hz im Umspannwerk Düşhorn der Hastra AG. zu besichtigen.

Herr O. Grob, Uster (Schweiz): Gestatten Sie mir noch einige Ausführungen zum Vortrag von Herrn Dr. Blum und zum Diskussionsvotum von Herrn Ogurkowski.

1. Sowohl Herr Dr. Blum als auch Herr Ogurkowski haben auf den Einfluß von Kondensatoren auf die tonfrequenten Steuerimpulse hingewiesen. Man könnte nun bei oberflächlicher Betrachtung der physikalischen Tatsachen glauben, daß Phasenschieberkondensatoren in allen Fällen für tiefere Steuerfrequenzen weniger schädlich seien als für höhere Steuerfrequenzen.

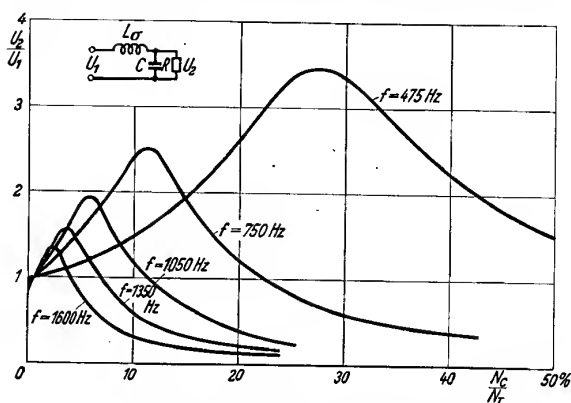


Bild 10 Signalspannung in Niederspannungsnetzen bei Anwesenheit von unverdrosselten Kondensatoren

rein ohmsche Belastung des Trafo: 50% der Nennleistung
Dämpfung der Streuinduktivität $d = 0,1$ ($Q = 10$)

L_0 = Streuinduktivität des Trafo angenommen $\epsilon_K = 4\%$

C = Kapazität der Kondensatorbatterie

R = Netzlastwiderstand

(L_0 , C , R sind auf Phasenspannung bezogen)

N_T = Trafo-Nennleistung

N_C = Kond.-Nennleistung

$\frac{U_2}{U_1}$ = Verhältnis der reduzierten Sekundär- zu Primärtonfrequenz-Spannung

$\frac{U_2}{U_1} > 1$ bedeutet Spannungserhöhung

$\frac{U_2}{U_1} < 1$ bedeutet Spannungsabfall

Die praktischen Erfahrungen sowie eine tiefer schürfende theoretische Betrachtung des ganzen Problems haben aber ergeben, daß höhere Steuerfrequenzen durch Phasenschieberkondensatoren durchaus nicht immer stärker beeinflusst werden als tiefe Steuerfrequenzen.

Betrachten wir zum Beispiel den in der Praxis am häufigsten auftretenden Fall von niederspannungsseitigen Phasenschieberkondensatoren in Fabrikbetrieben mit eigenem Hochspannungsanschluß: Es muß hier unbedingt berücksichtigt werden, daß der Kapazität des Phasenschieberkondensators die Streuinduktivität des Transformators Hochspannung — Niederspannung vorgeschaltet ist. Es ergibt sich nun für eine tiefe Steuerfrequenz von beispielsweise 475 Hz Serienresonanz zwischen Kondensator und Streuinduktivität, wenn die kapazitive Belastung 28% der Nennleistung des Transformators beträgt (Bild 10). Andererseits sind aber gerade in den genannten Fällen (Industriebetriebe) in der Praxis kapazitive Belastungen zwischen 20 und 40% am häufigsten. Dies bedeutet sowohl unzulässige Steuerspannungserhöhungen in den Niederspannungsnetzen der betr.

Industriebetriebe, als auch unzulässige ohmsche Belastungen für die Steuerfrequenz. D.h. die in den Industriebetrieben aufgestellten Phasenschieberkondensatoren müssen für tiefe Steuerfrequenzen verdrosselt werden. Demgegenüber verhalten sich höhere Steuerfrequenzen im oben aufgeführten Falle wesentlich günstiger. Bei den praktisch in Frage kommenden kapazitiven Belastungen ist die Serienresonanz bereits überschritten. Die dem Kondensator vorgeschaltete Streuinduktivität des Transformators wirkt sich bereits als genügend wirksame Sperrdrossel aus. Dem Netz wird praktisch keine tonfrequente Wirkleistung, sondern nur induktive tonfrequente Blindleistung entzogen. Sofern sich die Kondensatoren nicht allzuweit von der Zentralsteuerungssendeanlage entfernt befinden, kann diese tonfrequente induktive Blindleistung ohne Schwierigkeiten von den Kopplungskondensatoren der Sendeanlage geliefert werden. D. h. in den weitaus meisten Fällen müssen niederspannungsseitige Phasenschieberkondensatoren in Betrieben mit eigenem Hochspannungsanschluß bei Verwendung von Steuerfrequenzen in der Größenordnung von 1350 Hz nicht verdrosselt werden. Dies ist nicht nur Theorie, sondern durch praktische Erfahrungen in vielen großen, industrie-reichen Netzen belegt.

In normalen Niederspannungsnetzen ist bei Verwendung von höheren Steuerfrequenzen prozentual etwas weniger kapazitive unverdrosselte Belastung zulässig als bei Verwendung von tieferen Steuerfrequenzen. Die Unterschiede sind aber verhältnismäßig unbedeutend. Während nämlich bei Verwendung von tiefen Steuerfrequenzen (bspw. 475 Hz) und hohem Sendepiegel die Grenze der noch unverdrosselt tolerierten Kondensatoren durch unzulässige Spannungserhöhungen gegeben ist, ist diese Grenze bei Verwendung höherer Steuerfrequenzen (bspw. 1350 Hz) und kleinem Sendepiegel erst durch unzulässig tiefes Absinken der Steuerspannung gegeben. Wie Bild 10 zeigt, ergibt sich für 475 Hz eine praktische Grenze von ca. 20%, während bei 1350 Hz die Grenze bei ca. 15% liegt.

Bei der höheren Sendefrequenz und gleichzeitig kleinem Sendepiegel kann nämlich der Serienresonanzfall aus folgenden Gründen bedenkenlos überschritten werden:

- a) Die Restdämpfung wirkt sich bei höheren Frequenzen bedeutend stärker aus als bei tiefen Frequenzen. Die möglichen Spannungserhöhungen sind daher bedeutend geringer.
- b) Infolge des kleinen Sendepiegels sind größere Spannungserhöhungen zulässig.

2. Herr Ogurkowski hat erwähnt, daß ein Empfangsrelais mit eingebautem Impulsverstärker a priori komplizierter sei als ein solches ohne Impulsverstärker. Dies trifft für den AEG-Zellweger-Empfänger nicht zu. Der in diesem Empfänger benötigte Mehraufwand für den äußerst einfachen Impulsverstärker (bestehend aus Speicherkondensator und Glühbirne) wird bestimmt durch folgende Einsparungen aufgewogen:

- a) Ersatz eines komplizierten und empfindlichen Tonfrequenzrelais durch ein einfaches robustes Gleichstromrelais.
- b) Ersatz der komplizierten Kipprelais durch einfache, robuste, mechanisch betätigte Kippschalter.
- c) Wegfall einer mechanischen Ansprechverzögerungseinrichtung.

3. Trotzdem eine Zentralsteuerungsanlage für ein Elektrizitätswerk äußerst wertvoll ist, wird jeder verantwortungsbewußte Betriebsleiter möglichst den Einbau von schwachen Stellen in sein Hochspannungsnetz für eine solche Zentralsteuerungsanlage vermeiden. Die bei Verwendung von tiefen Steuerfrequenzen unerläßlichen Sperrkreise oder Serieneinspeisetransformatoren

sind aber ohne Zweifel solche schwachen Stellen (besonders in Netzen mit hohen Kurzschlußleistungen). Man tut daher gut daran, die im Störungsfalle schwere Schäden verursachenden Sperrkreise und Serientransformatoren zu vermeiden.

Die Paralleleinspeisung ohne Sperrkreise bedingt im Gegensatz hierzu keinerlei Eingriffe im Hochspannungsnetz, sie gefährdet es auch im Störungsfalle nicht und verdient deshalb den Vorzug.

4. Herr Ogurkowski hat in seinem Votum angedeutet, es sei nicht möglich, ohne Sperrkreise auszukommen. Entweder müßten nachträglich doch Sperrkreise eingebaut werden, oder man müßte nach Frequenzplänen benachbarten Netzen verschiedene Steuerfrequenzen zuordnen. Dies entspricht den Tatsachen keinesfalls. Sie können sich jederzeit hier in Hannover persönlich durch Messungen davon überzeugen, daß die von der Sendeanlage im Unterwerk Hannover-Südstadt für das 5 kV-Netz Südstadt gesendeten Steuerimpulse, trotz des Fehlens von Steuerkreisen, in den 5 kV-Nachbarnetzen höchstens 10% des Wertes erreichen, der zum Ansprechen eines Empfängers normaler Empfindlichkeit nötig wäre. Entsprechende praktische Beweise stehen in den Netzen von Den Haag, Zürich, Bern usw. zur Verfügung.

Herr Kemmelmeier, Nürnberg (schriftlich nachgereicht): Fernsteuerung von Leistungsschaltern und Spannungsregelung an Umspannern und dergleichen in unbesetzten Schaltstellen von einer besetzten Schaltstelle aus nach dem Impuls-Tonfrequenzüberlagerungsverfahren wird von der Fränkischen Überlandwerk AG. Nürnberg bereits seit dem Jahre 1937 durchgeführt. Um nach Ausfall von 1—2 Leitern der Drehstromhochspannungsleitung noch eine Übertragung der Tonfrequenzimpulse und somit die Vornahme von Schaltungen zu ermöglichen, wird bei dem hier angewandten Verfahren die Tonfrequenz zwischen eine der drei Phasen und Erde überlagert. Durch geeignete Schaltung der Empfangsrelais können Tonfrequenzimpulse auch dann noch gesendet und empfangen werden, wenn auf der Hochspannungsleitung alle Leiter bis auf einen ausgefallen sind. Das Verfahren steht unter Patentschutz.

Vortragender: Es ist interessant, durch Herrn Kemmelmeier zu erfahren, daß das Fränkische Überlandwerk AG., Nürnberg, ebenso wie viele andere Netze, mit dem Fernsteuerverfahren mit Hilfe tonfrequenter Impulse so gute Erfahrungen gemacht hat, daß es sich entschlossen hat, auch Leistungsschalter mit diesem Verfahren fernzusteuern. Dies ist besonders deshalb interessant, weil das Fernsteuerverfahren von Haus aus nicht die Möglichkeit einer unmittelbaren Rückmeldung der Schalterstellung bietet.

Die von Herrn Ogurkowski angeschnittenen Fragen hat Herr Grob in seinen Ausführungen, denen ich mich inhaltlich voll anschließen möchte, weitgehend beantwortet. Ich möchte die Ausführungen von Herrn Grob nur noch dahingehend ergänzen, daß für Niederspannungskondensatoren etwas tiefer liegende Frequenzen tatsächlich günstiger sind. Aus diesem Grunde werden z. B. bei dem AEG-Zellweger-System mittlere Frequenzen (1050—1350 Hz) verwandt, die sowohl für im Hochspannungs- als auch im Niederspannungsnetz angeschlossene Kondensatoren günstige Verhältnisse ergeben.

Sollte in seltenen Fällen tatsächlich die natürliche Sperrung gegen benachbarte Netze für mittlere Frequenzen (1050—1350 Hz) nicht völlig ausreichen, so besteht die Möglichkeit — wie ich bereits in meinem Vortrag kurz gestreift habe — mit Hilfe einer patentierten Schaltung auf einfachste Weise die gewünschte vollständige Sperrung zu erreichen. Diese Schaltung schließt in den Sendepausen die Netze mit Hilfe der vorhandenen Kopplungsglieder für die Steuerfrequenz kurz (Saugkreis), so daß evtl. von Nachbarnetzen herrührende Reste von Steuer- oder Störspannungen vollständig unschädlich gemacht werden.

Die von Herrn Ogurkowski noch geltend gemachten Bedenken, daß bei höheren Steuerfrequenzen die Schwankung der Netzfrequenz die Steuerfrequenz schneller in den Bereich von höheren Harmonischen rückt, ist theoretisch richtig, spielt aber bei der Kleinheit der Amplituden dieser Oberwellen praktisch keine Rolle, wie die Ergebnisse aus verschiedenen Netzen eindeutig beweisen.

Gruppe J — Funkentstörung

Einführung

Von W. Scholz

Wenn auf der diesjährigen VDE-Tagung der „Funkentstörung“ eine eigene Gruppe von Fachberichten eingeräumt wurde, so sollte hieraus nicht der Schluß gezogen werden, daß die Funkentstörungstechnik sich zu einem besonderen Zweig der Elektrotechnik entwickelt hätte. Sie könnte dies auch um so weniger, als ihre Aufgabenstellung infolge der verschiedenartigen Fortschritte auf allen Gebieten der Anwendung des elektrischen Stromes einerseits und der Funktechnik andererseits sich immer mehr aufgespalten hat. Während bis vor etwa zehn Jahren noch die Funkstörungen im Vordergrund standen, die in elektrischen Geräten, Maschinen und Anlagen durch Schaltvorgänge aller Art als unerwünschtes hochfrequentes Nebenprodukt hervorgerufen werden, bei denen es sich also um Störungen in des Wortes ursprünglicher Bedeutung handelt, treten neuerdings auch die Hochfrequenzgeneratoren in Erscheinung, in denen hochfrequente Energie absichtlich erzeugt, jedoch unbeabsichtigt mehr oder weniger auch abgestrahlt wird. Die Verminderung von Funkstörungen durch Geräte der letztgenannten Art ist vorwiegend ein Beeinflussungsproblem, da Störer und Gestörte mit physikalisch gleichartigen Strömen arbeiten. Die hierbei benutzten Frequenzen sind, im wesentlichen der Röhrentechnik folgend, auf beiden Seiten immer höher geworden und beginnen sich jetzt im Dezimeterbereich zu bewegen.

Die Funkentstörungstechnik kann also nicht mehr als ein in sich geschlossenes Aufgabengebiet angesehen

werden, und der Zusammenfassung der nachfolgenden drei Fachberichte zu einer Fachgruppe „Funkentstörung“ lag auch nur das Bestreben zugrunde, hiermit einen geschlossenen Rechenschaftsbericht über den Fortschritt der Arbeiten des VDE auf den einschlägigen Teilgebieten zu geben. Das älteste Teilgebiet, die „Funkentstörung von elektrischen Geräten, Maschinen und Anlagen“ (ausgenommen HF-Geräte) wird von der nach dem Kriege wieder neu gebildeten Kommission VDE 0875 bearbeitet. Diese hat die während des Krieges vorbereiteten Richtlinien und Leitsätze für die Funkentstörung jetzt überarbeitet und dem VDE zur Genehmigung vorgelegt. Mit dem Inkrafttreten ist demnächst zu rechnen. Ihre derzeit dringlichste Aufgabe „Die Entstörung der elektrischen Zündanlagen von Kraftfahrzeugen“ wird im dritten Fachbericht behandelt. Für die „Funkentstörung von Hochfrequenzgeräten“ wurde vor kurzem eine besondere Kommission VDE 0871 gebildet. Diese wird bis zum Jahresende „Richtlinien für die Funkentstörung von HF-Geräten“ vorlegen. Über einige bei ihrer Ausarbeitung aufgetretene Probleme berichtet der zweite Fachbericht. Die Funkentstörung von Rundfunkempfangsanlagen (einschl. Fernsehen) wird von dem Arbeitsausschuß VDE 0871—3 bearbeitet. Infolge der bereits im Gange befindlichen Einführung des UKW-FM-Rundfunks und mit dem Beginn des Fernseh Rundfunks wurde dieser Ausschuß vor neue Aufgaben gestellt, deren vordringlichste der erste Fachbericht mit Vorführungen behandelt.

Gegenseitige Beeinflussung von Empfängern bei Ultrakurzwellen-Frequenzmodulationsverfahren

Von A. Nowak

Störungen des UKW-Rundfunkempfangs

Mit der Einführung des UKW-Rundfunks wurde die Frage der Empfangsstörungen im 100 MHz-Band besonders aktuell. In diesem Frequenzbereich wirken sich die verschiedenen Störquellen anders aus als auf den bisher üblichen Rundfunkbändern. Atmosphärische Störungen machen sich kaum bemerkbar; auch die sonst sehr unangenehmen Empfangsstörungen, die ihre Ursache in Unterbrechungsfunkten elektrischer Maschinen und Apparate haben, verlieren einen großen Teil ihrer Wirksamkeit. Dagegen treten Störungen durch Hochfrequenz-Heilgeräte und durch Zündfunken von Automobilmotoren stark in Erscheinung. Hochfrequenz-Heilgeräte werden neuerdings nur noch in entstörten Ausführungsformen gebaut, Maßnahmen zur Entstörung der Zündanlagen von Automobilmotoren werden vorbereitet. Überdies läßt sich durch Frequenzmodulation und horizontale Polarisation beim Sender sowie durch Richtempfang und Amplitudenbegrenzung beim Empfänger auch heute schon im 3-Meter-Band meist ein wesentlich günstigeres Verhältnis zwischen Nutzempfangsspannung und Störungen erreichen, als z. B. bei dem bisher üblichen AM-Betrieb im Mittelwellenbereich.

Unter diesen Umständen treten unerwünschte Ausstrahlungen von benachbarten Empfängern besonders unangenehm in Erscheinung. Die Möglichkeit einer solchen Störstrahlung ist aber fast immer gegeben, da alle leistungsfähigen UKW-Empfänger mindestens eine schwingende Stufe besitzen. Will man verhindern, daß solche Empfänger sich gegenseitig beeinflussen, darf die in ihnen erzeugte Hochfrequenzenergie nach außen nicht abstrahlen.

Die in Betracht kommenden Empfänger lassen sich im wesentlichen in zwei Klassen einteilen:

1. Empfänger mit Pendelrückkopplung. Diese erzeugen meist eine Hilfsschwingung auf der Empfangswelle. Die Frequenz ihrer Störstrahlung wird also normalerweise zwischen 87,5 und 100 MHz liegen. In gewissem Umfang werden von solchen Geräten allerdings auch noch Oberwellen der Pendel- und der Empfangsfrequenz ausgestrahlt.

2. Überlagerungsempfänger. Diese Empfänger erzeugen eine Hilfsschwingung, die um die Zwischenfrequenz gegen die Empfangswelle verstimmt ist. Es ist für UKW-Empfang vereinbart, eine Zwischenfrequenz von 10,7 MHz zu verwenden und den Oszilla-

tor auf einer höheren Frequenz als die Empfangswelle schwingen zu lassen. Die Störfrequenz wird also normalerweise zwischen 98,2 und 110,7 MHz liegen. Bei Überlagerungsempfängern mit Flankengleichrichtung muß der Arbeitspunkt jeweils um etwa ± 100 kHz gegen die Kuppe der Durchlaßkurve des Empfängers verstimmt werden. Der wahrscheinliche Störbereich liegt demnach zwischen etwa 98,6 und 110,8 MHz. Auch bei Überlagerungsempfängern können Oberwellen der Oszillatorfrequenz abgestrahlt werden.

Besonders unangenehm ist die durch einen Pendelempfänger verursachte Störstrahlung, weil die abgestrahlte Welle ein breites Spektrum von Seitenbändern enthält und außerdem die Störfrequenz direkt auf der Empfangswelle liegt. Im UKW-Band sind die Senderreichweiten beschränkt, die Anzahl der Sender, die an einem Empfangsort genügend stark einfallen, wird deshalb immer klein bleiben. Die Wahrscheinlichkeit einer Empfangsstörung durch benachbarte Pendelempfänger ist also groß. Man wird deshalb bei Pendelempfängern einen besonders sorgfältigen Aufbau vorsehen und die zulässigen Grenzen der Störstrahlung sehr eng halten müssen.

Durch Überlagerungsempfänger können bei Ausstrahlung der Oszillatorfrequenz folgende Störungen des UKW-Rundfunks verursacht werden:

1. Die Oszillatorfrequenz fällt in die unmittelbare Nähe einer Empfangsfrequenz. Es treten dann Pfeifstörungen durch Interferenztöne auf. Ist die Störspannung groß, so kann der Nutzempfang sogar vollkommen unterdrückt werden. Diese Art von Störung ist nicht als gefährlich zu bezeichnen. Die üblichen Oszillatorfrequenzen fallen nur zwischen etwa 98,1 und 100 MHz in den Empfangsbereich. Dieses Gebiet ist also verhältnismäßig klein. Legt man überdies die Senderfrequenzen so, daß zwischen zwei an einem Ort empfangswürdig einfallenden Sendern niemals ein Frequenzabstand von etwa 10,7 MHz besteht, so ist bei richtiger Abstimmung der Empfänger eine gegenseitige Beeinflussung unmöglich.

2. Stimmt man zwei benachbarte Überlagerungsempfänger auf den gleichen Sender ab, so können ebenfalls störende Überlagerungstöne auftreten. Diese Pfeiftöne entstehen dadurch, daß die Empfangswelle in jedem Empfänger außer mit der eigenen, auch noch mit einer fremden Oszillatorspannung überlagert wird. Weichen die beiden Oszillatorfrequenzen voneinander ab, so bilden sich zwei unterschiedliche Zwischenfrequenzen, die wieder einen hörbaren Interferenztönen ergeben. Solche Störungen können unangenehm werden, wenn die beiden Empfänger unmittelbar nebeneinander stehen, oder wenn ihre Antennen verhältnismäßig fest miteinander gekoppelt sind. Da jedoch bei FM-Empfängern die hochfrequente Bandbreite wesentlich größer als der Hörbereich ist, kann man meist — auch in unmittelbarer Nähe eines störenden Empfängers — den gestörten Empfänger ohne weiteres so abstimmen, daß der Empfang sauber ist und kein Störton hörbar wird. Man kann sogar im gleichen Zimmer mehrere Empfänger aufstellen und bei richtiger Abstimmung mit allen Geräten den gleichen Sender ungestört empfangen.

3. Die unangenehmsten Störungen entstehen durch Übernahme der Modulation eines UKW-Senders, auf den der Empfänger nicht abgestimmt ist. Dieser Vorgang spielt sich so ab: Es sei angenommen, daß an einem Empfangsort zwei verschieden starke UKW-Sender einfallen. Ein Empfänger wird auf den schwächeren Sender abgestimmt, ein zweiter Empfänger dagegen auf den stärkeren Sender. Da die HF-Vorselektion von üblichen UKW-Rundfunkempfängern verhältnismäßig

klein ist, liegen dann an den Mischstufen der beiden Empfänger je vier Frequenzen: die beiden Empfangs- und die beiden Oszillatorfrequenzen. In jedem Empfänger erzeugt zwar der eigene Oszillator eine große Überlagerungsspannung, es kann jedoch der Fall eintreten, daß das Mischprodukt aus dieser großen Oszillatorspannung und einer kleinen Empfangsspannung (abgestimmter, schwacher Sender) merklich kleiner ist, als die Zwischenfrequenzspannung, die aus einer gleichzeitig

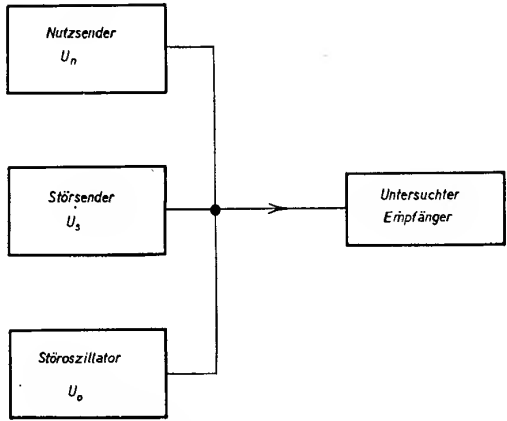


Bild 1 Nachbildung der Modulationsübernahme eines Störsenders durch drei an einen Empfänger angeschaltete Meßsender

vorhandenen großen Empfangsspannung (starker Sender, auf den der Empfänger nicht abgestimmt wurde) und der Störstrahlung des zweiten Empfängers entsteht. In diesem Fall werden beide Geräte den stärkeren Sender empfangen, obwohl das eine auf den schwächeren Sender abgestimmt ist. Bleibt der störende Empfänger auf den stärkeren Sender abgestimmt, so empfangen benachbarte Geräte diesen stärkeren Sender auf der ganzen Skala.

Um diesen Vorgang näher zu untersuchen, wurden an einen üblichen FM-UKW-Rundfunkempfänger drei Meßsender angeschlossen (Bild 1). Diese Meßsender sollten nachbilden: 1. den schwachen Nutzsender (unmoduliert), 2. den starken, unerwünschten Sender (± 75 kHz FM-moduliert), 3. den störenden Oszillator eines anderen Empfängers (unmoduliert). Die Verstimmung zwischen Stör- und Nutzsender wurde mit 3 MHz angenommen,

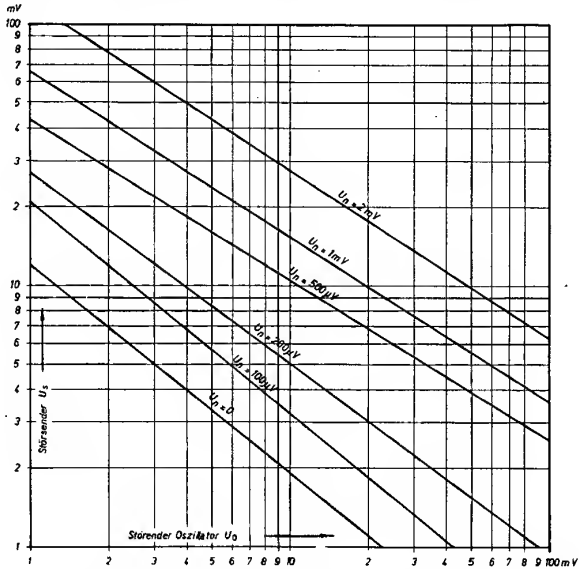


Bild 2 Modulationsübernahme bei einem üblichen UKW-Rundfunkempfänger. (Das Bild gibt an, welche Spannungen des Störsenders (U_s), bzw. des störenden Oszillators (U_o) notwendig sind, um in dem Empfänger eine Störung zu erzeugen, die 20 db unter der Aussteuerungsgrenze liegt)

*) Die gleiche Erscheinung tritt auf, wenn der störende Empfänger nicht die Oszillatorfrequenz, sondern die in ihm gebildete Zwischenfrequenz stark abstrahlt. Messungen haben jedoch gezeigt, daß bei den bisher ausgeführten FM-UKW-Empfängern der Einfluß der Oszillatorausstrahlung überwiegt.

dann wurde ermittelt, welche Spannungen des Stör-senders (U_s), bzw. welche Spannungen des störenden Oszillators (U_o) notwendig waren, um für verschieden große Spannungen des Nutzsenders (U_n) einen Störton zu erzeugen, der 20 db unter der Aussteuerungsgrenze des untersuchten Empfängers lag. Bild 2 zeigt das Ergebnis dieser Messung. Man sieht, daß in erster Annäherung das Produkt aus U_s und U_o für die Größe der Störwirkung maßgebend ist. Je stärker der Nutzsender wird, desto schwieriger ist es, eine solche Störung hervorzurufen. Sie tritt in der Praxis auch nur dort auf, wo besonders ungünstige Kombinationen in der Senderaufstellung bestehen.

Störungen anderer Dienste

Die Störstrahlung von Pendelempfängern bleibt im wesentlichen auf das UKW-Rundfunkband beschränkt. Dienste in anderen Bändern können deshalb nur durch die Oberwellen von Pendelempfängern gestört werden. Dagegen liegen die Oszillatorfrequenzen von Überlagerungsempfängern zum größten Teil über 100 MHz. Dieser an das UKW-Rundfunkband anschließende Be-

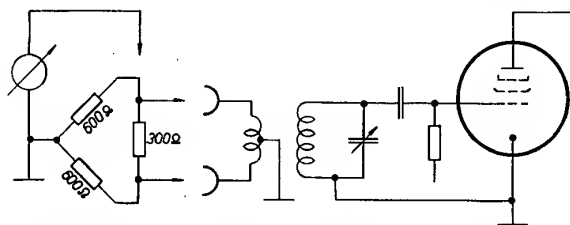


Bild 3 Neuerdings vorgeschlagene Anordnung zur Messung der Oszillatorspannung an den Antennenklemmen eines UKW-Empfängers

reich soll durch andere Funkdienste belegt werden. Er muß deshalb gegen zu starke Ausstrahlung von Störwellen geschützt werden. Es besteht überdies die Gefahr, daß Oberwellen der Oszillatorfrequenz den kommenden Fernsehfunk stören werden, für welchen ein Frequenzband von 174—216 MHz vorgesehen ist.

Die Abstrahlung von Störwellen

Die Abstrahlung von Störenergie erfolgt in der Hauptsache über die an den Empfänger angeschlossene Antenne. Eine besonders große Störreichweite ist deshalb bei Verwendung von Freiantennen zu erwarten. Ungünstige Verhältnisse bestehen jedoch auch, wenn bei Gemeinschaftsantennen die Entkopplung zwischen je zwei Anschlußstellen nicht genügend gut ist, oder wenn zwei oder mehrere Behelfsantennen dicht nebeneinander aufgebaut werden. Sind z. B. zwei Fensterantennen an zwei unmittelbar übereinanderliegenden Fenstern des gleichen Hauses angebracht, so kann man grob angenähert annehmen, daß 5—10 % der an der einen Antenne stehenden Spannung auf die andere übertragen werden. Ist der Empfänger gegen das Lichtnetz nicht genügend gut verdrosselt, so erfolgt auf diesem Wege eine Abstrahlung. Die Fernwirkung dieser Abstrahlung ist jedoch meist gegen die einer Antenne zu vernachlässigen. Es ist aber durchaus möglich, daß sich zwei in benachbarten Räumen aufgestellte Empfänger gegenseitig über das Lichtnetz beeinflussen. Solange die Störstrahlung über die angeschlossenen Antennen verhältnismäßig groß ist, kann die Kopplung über das Lichtnetz meist vernachlässigt werden, sie beeinflusst das Endergebnis erst dann, wenn man die Antennenstrahlung stark heruntersetzt.

Die Oberwellen der Oszillatorfrequenz sind bereits so kurzwellig, daß sie in der Größenordnung der Empfängerabmessungen liegen. Es können deshalb auch Metallteile des Empfängers (z. B. das Chassis) eine verhältnismäßig starke direkte Abstrahlung dieser Ober-

wellen bewirken. Es ist anzunehmen, daß auf diesem Wege Störungen bei unmittelbar benachbarten Fernsehempfängern hervorgerufen werden können.

Abhilfemaßnahmen

Aus dem bisher Gesagten ergibt sich, daß der größte Teil der Störstrahlung normalerweise über die Antenne erfolgt. Die an den Antennenklemmen stehende Oszillatorspannung kann also in erster Annäherung ein Maß für die Größe der durch einen Empfänger verursachten Empfangsstörungen sein. Es lag deshalb der Gedanke nahe, von der Industrie zu verlangen, daß bei den von ihr gelieferten UKW-Empfängern ein gewisser Maximalwert der Oszillatorspannung an den Antennenklemmen nicht überschritten wird. Zur Bestimmung dieser Störspannung schlug der ZVEJ in den im Dezember 1949 erschienenen „Richtlinien für UKW-Empfänger“ ein Meßverfahren vor, bei welchem die HF-Spannung an den mit 240 Ohm reell überbrückten Antennenklemmen des untersuchten Gerätes ermittelt wird. Es wurde ferner der Industrie empfohlen, sie sollte die von ihr gelieferten UKW-Empfänger so aufbauen, daß bei dieser Messung an keiner Stelle des Bereichs folgende Spannungen überschritten werden:

bei Empfängern mit Pendelrückkopplung .. 2 mV
bei Überlagerungsempfängern 200 mV.

Dieses Meßverfahren mußte später verbessert werden, um die Streuungen der Meßergebnisse in der Praxis zu verringern. Bei UKW-Empfängern ist nämlich die Verwendung von symmetrischen Antennen üblich. Um richtige Meßwerte zu erhalten, muß der verwendete Spannungsmesser also erdsymmetrisch aufgebaut sein. Bei Verwendung von üblichen, einseitig geerdeten Röhrenvoltmetern tritt eine unsymmetrische Belastung der Antennenankopplungsspule auf, wodurch die Meßergebnisse beeinflusst werden.

In einer Sitzung beim FTZ am 16.1. 1951 schlug der Ausschuß „Ultrakurzwellenfunk“ deshalb ein anderes Meßverfahren vor, dessen Prinzip in Bild 3 dargestellt ist. Die Antennenanschlüsse werden hier symmetrisch durch zwei Widerstände von je 600 Ohm reell vorbe-lastet, die jeweils zwischen einer Buchse und der nächsten erreichbaren Stelle des Chassis liegen. Die beiden Antennenbuchsen werden überdies mit einem Widerstand von 300 Ohm verbunden. Die Messung erfolgt dann mit einem unsymmetrischen Röhrenvoltmeter zwischen dem Chassis und jeweils einer Buchse. Als neue Maximalwerte wurden für Überlagerungsempfänger folgende Spannungen vorgeschlagen:

Im UKW-Rundfunkband (87,5 bis 100 MHz) . 100 mV.
Zwischen 104 und 110,7 MHz 10 mV
.. Im Fernsehband (174 bis 216 MHz) 200 µV.

Die Industrie überprüft derzeit dieses neue Meßverfahren und versucht festzustellen, ob sich diese Spannungen bei allen Typen erreichen und auch in der Serienfertigung einhalten lassen.

Man muß sich allerdings klar darüber sein, daß die vorgeschlagenen Grenzwerte keine absolute Sicherung gegen Empfangsstörungen ergeben. Anzustreben wäre ein Zustand, bei dem die Störspannung an keiner Stelle einen Wert von etwa 10 mV übersteigt. Eine solche Forderung ließe sich zwar technisch erfüllen, sie bedeutet aber eine nicht unerhebliche Verteuerung der gesamten Empfängerproduktion. Der Oszillator eines jeden Überlagerungsempfängers erzeugt nämlich Hochfrequenzspannungen von einigen Volt. Es ist bei den in Betracht kommenden hohen Frequenzen nicht leicht, den Oszillator- und Antennenkreis so weit zu entkoppeln, daß eine Abschwächung der Schwingungsspannung im Verhältnis von etwa 1 : 1000 erreicht werden kann. Selbst wenn man die beiden Kreise untereinander weitgehend entkoppelt, bleiben doch Restkopplungen über die inneren Kapazitäten und Induktivitäten der angeschlossenen

Mischröhre bestehen. Eine wesentliche Herabsetzung der Oszillatorstrahlung läßt sich deshalb nur erzielen, wenn man vor der Mischröhre noch eine UKW-Vorstufe einführt. Eine solche Maßnahme ist jedoch nur dann sinnvoll, wenn man gleichzeitig alle UKW-Abstimmkreise sorgfältig abschirmt und die Zuführungsleitungen für Heiz- und Anodenspannungen verdrosselt. Die durch solche Maßnahmen bedingte Verteuerung wäre besonders bei Geräten der billigen Preisklassen untragbar hoch. Man wird deshalb bei der Festsetzung der maximal zulässigen Störstrahlung einen Kompromiß zwischen technisch richtigen Forderungen und wirtschaftlichen Gegebenheiten eingehen müssen.

Verhältnismäßig leicht ist dagegen die Forderung zu erfüllen, daß die Oberwellen des Oszillators an der Antenne nur mit Spannungen von einigen hundert Mikrovolt auftreten dürfen. Durch Einschalten eines geeigneten Tiefpasses zwischen die Antennenankopplungsspule und die Antennenzuleitung kann man auch bei Empfängern ohne UKW-Vorstufe brauchbare Ergebnisse erzielen. Ein solcher Tiefpaß kann z. B. in üblicher Weise aus Spulen und Kondensatoren aufgebaut werden. Nach einem Vorschlag der Firma Telefunken läßt sich ein gutes Ergebnis mit wenig Aufwand auch dann erzielen, wenn man das empfängerseitige Ende der Antennenzuleitung in geeigneter Weise pupinisiert. Ein Beispiel einer solchen Pupinisierung ist in Bild 4 dargestellt. Es wurde dort ein Leiter einer unabgeschirmten 60 Ohm-Leitung in Abständen von etwa 10 cm unterbrochen und an den Unterbrechungsstellen jeweils eine Spule von etwa $6\mu\text{Hy}$ auf die Leitung aufgewickelt. Diese Spulen werden in die Unterbrechungsstellen der Leitung eingeschaltet und ergeben in Verbindung mit der Eigenkapazität der dazwischenliegenden Leiterstücke einen mehrgliedrigen Tiefpaß. Bei 5 Gliedern wurde der in Bild 5 dargestellte Dämpfungsverlauf gemessen. Es handelt sich dabei um eine Leitung, in der nur eine Seite pupinisiert wurde. Symmetrische Pupinisierung läßt sich analog durchführen.

Durch orientierende Messungen wurde ermittelt, daß bei üblichen UKW-Empfängern die zweite Harmonische der Oszillatorspannung mit etwa 10...20% der Grundwelle auftritt. Baut man also einen UKW-Empfänger so auf, daß die Spannung der Grundwelle des Oszillators an der Antennenankopplungsspule zwischen 87,5 und 110,7 MHz 100 mV (unsymmetrisch gemessen) nicht überschreitet, so lassen sich bei Verwendung der beschriebenen pupinisierten Antennenzuleitung einmal die Forderungen für den Bereich von 104 bis 110,7 MHz erfüllen, zum anderen werden auch die Oberwellen im Bereich von 174 bis 216 MHz genügend stark geschwächt.

Störungen durch selbstgebaute Bastlerempfänger

Die Rundfunkindustrie ist sich darüber klar, daß der UKW-Rundfunk und auch das Fernsehen auf die Dauer nur dann lebensfähig bleiben können, wenn es gelingt,

die Empfangsstörungen in erträglichen Grenzen zu halten. Man wird deshalb versuchen, wirtschaftlich tragbare Lösungen dieses Problems zu finden. Alle solche Bemühungen verlieren jedoch ihren Wert, falls eine größere Anzahl von Rundfunkhörern unvorschriftsmäßige, selbstgebaute UKW-Empfänger verwenden sollte.

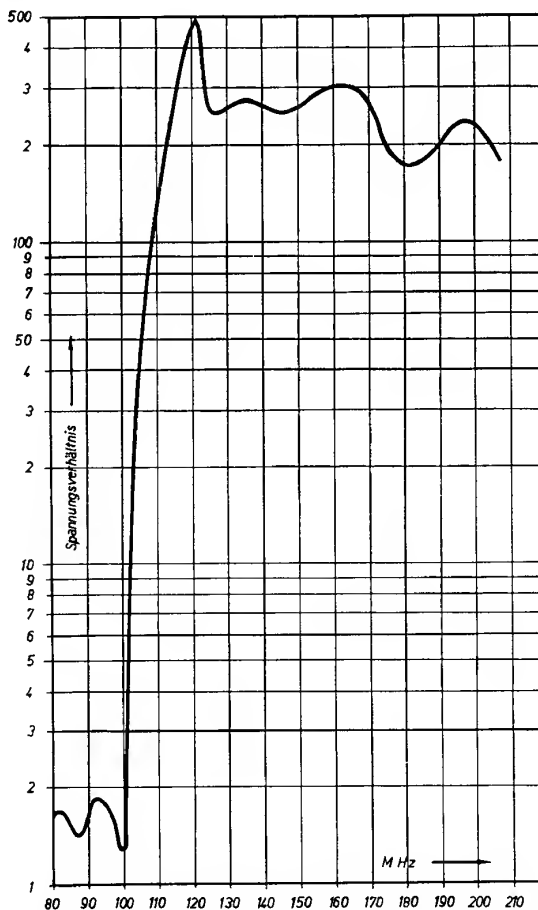


Bild 5 Dämpfung einer nach Bild 4 mit 5 Gliedern pupinisierten Antennenzuleitung in Abhängigkeit von der zugeführten Frequenz

Es wäre deshalb zu begrüßen, wenn bald eine Einigung über den zulässigen Maximalwert der Störstrahlung von UKW-Empfängern zustande käme. Sobald solche Maximalwerte als VDE-Richtlinien herausgegeben werden, hat man gegebenenfalls die Möglichkeit, die Besitzer von unzulässig stark strahlenden Empfängern als Funkstörer zu bezeichnen und gegen sie die gesetzlich vorgesehenen Mittel zur Anwendung zu bringen.

Aussprache

Herr H. F. Schwenkhausen, Wuppertal: Gegen die im Vortrag gezeigten Störspannungsmessungen habe ich gewisse Bedenken. Wenn man die Störspannung zwischen den Antennenbuchsen und „irgendeinem Punkt des Chassis“ mißt, so ist eine solche Messung bei UKW sicher nicht genau definiert und reproduzierbar. Da nur die wirkliche Strahlleistung, nicht aber die Spannung an den Eingangsbuchsen für die Störwirkung maßgebend ist, müßte man sich eigentlich bemühen, diese Größe unmittelbar zu messen, also eine Art Ulbrichtsche Kugel für UKW bauen und benutzen.

Vortragender: Der Einwand ist im Prinzip richtig. Maßgebend für die Größe der Störung kann nur die Strahlleistung des störenden Empfängers sein. Der Vorschlag des Ausschusses C 3 ist aus dem Bestreben entstanden, eine einfache Prüffeldmethode zur Beurteilung der Störeigenschaften von UKW-Empfängern

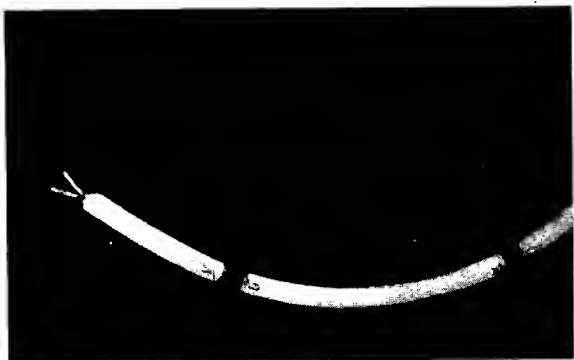


Bild 4 Pupinisierte Antennenzuleitung. Durch eine solche Pupinisierung kann man die Ausstrahlung der Oszillatorfrequenz über die Antenne weitgehend unterdrücken

zu entwickeln. Da man mit den verschiedensten Ausführungen handelsüblicher Geräte rechnen muß, wurde als Bezugspunkt „die den Antennenbuchsen nächstgelegene Stelle des Chassis“ gewählt. Im übrigen wurde in meinem Vortrag an Hand von Vergleichen mit gemessenen Feldstärkewerten bereits darauf hingewiesen, daß die vorgeschlagene Meßmethode nur bedingt brauchbar sein dürfte.

Herr J. Peters, Hamburg: Ich überlege mir, ob die Annahme einer Störung nur durch den nächstgelegenen Empfänger ausreichend vorsichtig ist. Wenn man ein Netz von Störsendern mit gleichmäßigem Abstand annimmt, stört die Summe aller Sender außer dem nächsten Sender wesentlich stärker als der nächste Sender allein, wenn man eine Abnahme der aufgenommenen Stör-energie mit dem Quadrat der Entfernung zugrunde legt.

Herr H. F. Schwenkhagen, Wuppertal: Die befürchtete Summation der Störspannungen würde nur dann auftreten, wenn die Oszillatoren aller Geräte innerhalb eines Bandes liegen, das nicht breiter ist als der Tonfrequenzbereich. Das ist aber bei den hohen Zwi-

schenfrequenzen solcher Empfänger bestimmt nicht der Fall.

Herr F. Gutzmann, Nürnberg: Die stärkere Störleistung von vielen entfernteren Empfängern hätte sich ja in den Prüffeldern von Rundfunkempfängerfabriken schon bemerkbar machen müssen. Die Praxis in Prüffeldern zeigt, daß eine Erhöhung der Störung durch Anhäufung von in Betrieb befindlichen Empfängern in größerer Entfernung gegenüber der Störung durch wenige naheliegende Empfänger (z.B. in benachbarten Laboratoriumsräumen) bisher nie festgestellt worden ist.

Herr H. Rupp, Stuttgart: Die Spannung des Oszillators an den Antennenbuchsen läßt sich wesentlich reduzieren, wenn man die Mischstufe im Gegentakt arbeiten läßt und die Oszillatorspannung im Eintakt zuführt.

Vortragender: Durch solche Maßnahmen läßt sich sicherlich die Oszillatorausstrahlung über die Antenne verringern. Leider bedeutet die vorgeschlagene Anordnung eine ähnliche Verteuerung von Rundfunkempfängern wie etwa das Einfügen einer UKW-Vorstufe.

Funk-Entstörung und Frequenzstabilisierung medizinischer Hochfrequenzgeräte

Von W. Kebbel

A. Einteilung und Zweck medizinischer HF-Geräte

Unter medizinischen HF-Geräten sollen diejenigen HF-Geräte verstanden werden, die hochfrequente Ströme zur Anwendung in der Medizin für Diagnostik oder Therapie erzeugen oder verwenden und deren Frequenzen über ca. 300 kHz liegen. Diese Grenze ist aus physiologischen Gründen berechtigt, da Ströme mit höheren Frequenzen keine Reizung des Gewebes im physiologischen Sinne mehr verursachen.

Die durch die medizinischen HF-Geräte erzeugten HF-Ströme werden entweder zur direkten Behandlung bei Ausführung der KW-Therapie und Elektrochirurgie herangezogen oder als Hilfsmittel bei indirekter Anwendung zur Erzeugung von Ultraschallenergie für therapeutische Zwecke verwandt. Die angewandten Frequenzen liegen heute im Bereich von ca. 300 kHz bis 2500 MHz. Dabei zeichnen sich als Schwerpunkte die Bereiche um 1 bis 3 MHz (Hochfrequenzchirurgie und Ultraschalltherapie) und 27 bis 40 MHz (KW-Therapie) ab.

Geräte für KW-Therapie dienen zur Erwärmung biologischer Gewebe im Kondensator- oder Spulenfeld (neuerdings auch Strahlenfeld) infolge ohmscher und dielektrischer Verluste des Gewebes. Der verwandte Frequenzbereich liegt zwischen 20 und 100 MHz. Die bequeme Behandlungstechnik und große Tiefenwirkung infolge Abstandsbehandlung führten zur Verdrängung der früher üblichen Langwellendiathermie und sind die Gründe dafür, daß sich die KW-Therapie in der gesamten Medizin in großer Breite durchgesetzt hat.

Geräte für Elektrochirurgie ermöglichen weitgehend unblutige Durchtrennung von Geweben (Elektrotomie) bzw. Gewebezerstörung (Elektrokoagulation) auf Grund großer hochfrequenter Stromdichten bei geeignet geformten Elektroden. Hierfür liegen günstige Frequenzen im Bereich von 0,5 bis 3 MHz; die erforderliche HF-Leistung beträgt etwa 10 bis 500 W. Eine Anwendung findet sie in kleiner und großer Chirurgie wie allen chirurgischen Spezialgebieten (Urologie, Lungenchirurgie, Gehirnchirurgie, Gynäkologie, Augenheilkunde, Zahnheilkunde sowie Kosmetik).

Geräte für Ultraschalltherapie (US-Geräte): Als jüngster Zweig der phys. Therapie (seit 1945 in Deutschland in größerer Breite) befindet sich dieses Gebiet noch im Zustand der Durchforschung. Der Wirkungsmechanismus beruht weitgehend auf einer Erwärmung des Gewebes infolge der Absorption der Ultraschallenergie. Die ver-

wandten Frequenzen liegen im wesentlichen im Bereich von 150 kHz bis etwa 3 MHz. Auf die biophysikalischen Grundlagen dieser Verfahren kann hier nicht näher eingegangen werden, deshalb sei auf die ausgezeichnete Zusammenfassung von J. Pätzold [1] verwiesen.

B. Gerätetechnik

1. Allgemeiner Aufbau und Betriebsweise der Geräte. Die med. HF-Geräte sind bisher so gebaut worden, daß die von medizinischer Seite gestellten Forderungen gut erfüllt wurden und die geforderte hohe Betriebssicherheit und einfache Bedienungsmöglichkeit der Geräte gewährleistet war. Insbesondere war zu berücksichtigen, daß die Bedienung meist durch technisch ungeübtes Personal erfolgt, daß der Betrieb unter teilweise sehr ungünstigen Bedingungen in Massage- und Baderäumen durchgeführt wird, daß die Geräte häufigen Ortsveränderungen unterworfen sind und daß häufig die Geräte über längere Zeiten bei mitunter sehr ungünstigen Betriebsbedingungen (Arbeiten in verstimmtem Zustand, bei schwankender Netzspannung u. a.) betrieben werden. Da weiterhin, z. B. im UKW-Gebiet, viele Jahre (praktisch bis Anfang des Krieges) keine weiteren Funkdienste vorhanden waren, hatten die Gerätehersteller jede Freiheit hinsichtlich der Frequenzwahl, die nur nach rein medizinischen Gesichtspunkten vorgenommen wurde.

Im folgenden seien stichwortartig die bisher üblichen Baugrundsätze der wichtigsten Gerätegruppen erwähnt.

a) KW-Therapiegeräte: Funkenstrecken- und Röhrengeneratoren sind in großer Zahl vorhanden, wobei letztere jetzt überwiegen. Selbsterregte Eintaktgeneratoren; Anodenwechselspannung; feste Kopplung zwischen Oszillator- und Sekundärkreis; Leistungsregulierung erfolgt meist durch Heizungsänderung; Abschirmung ist ungenügend und Netzentstörung selten. Frequenzen liegen meist um 50 MHz bei einer HF-Leistung von 100 bis 1000 W.

b) HF-Chirurgiegeräte: Bis 1945 herrschten Funkenstreckengeneratoren vor, ab 1945 setzen sich Röhrengeneratoren durch. Selbsterregte Generatoren; Anodenwechselspannung; die HF wird meist nur während des sekundenweisen Gebrauches bei der Operation erzeugt. Frequenzbereich von ca. 1 bis 3 MHz; Leistung etwa 10 bis 500 W je nach Zweck.

c) US-Geräte: Diese Geräte gibt es in Deutschland erst ab 1945 in größerer Zahl. Es sind selbst-erregte oder fremdgesteuerte Generatoren, meist mit gleichgerichteter und gesiebter Anodenspannung und geschirmter konzentrischer Leitung vom Generator zum Schallgeber. Aufbau der Geräte erfolgte meist nach modernen technischen Gesichtspunkten mit Frequenzen von 175 kHz und 0,8 bis 3 MHz, US-Leistung liegt etwa zwischen 5 bis 50 W bei einer HF-Leistung von ca. 15 bis 150 W.

2. Charakterisierung auftretender Störungen. Die Geräte nach dem unter 1a) bis c) skizzierten Aufbau geben entsprechend ihrer Betriebsart zu Störungen Anlaß. Wenn dies bis zum Kriege nicht besonders auffällig in Erscheinung trat, so liegt das in dem damals noch nicht so dichten Funkverkehr. Seit 1945 hat dieser sich bis in den Bereich höchster Frequenzen ausgedehnt (Flugsicherheitsfunk, UKW-Rundfunk, Bildfunk, Polizeifunk u. a.) und auf Frequenzbereiche erstreckt, die z. T. bei der Ausbildung der med. HF-Verfahren noch völlig frei waren. Letzteres gilt besonders hinsichtlich der KW-Therapie im Meterwellengebiet.

a) Störungen durch KW-Therapiegeräte: Störungen durch Funkstreckengeneratoren zeichnen sich durch ihre Breitbandigkeit aus. Da Röhrengeneratoren in der Regel mit Anodenwechselspannung betrieben werden, ist eine starke Amplituden- und Frequenzmodulation die Folge. Die Generatoren sind sehr oberwellenreich mit z. T. großen Amplituden. Wegen der meist angewandten festen Kopplung sind größere Frequenzänderungen die Regel infolge der Rückwirkung vom stark veränderlichen Patientenkreis auf den Oszillator. Durch die 50 Hz-Modulation der Anodenspannung sind Empfangsstörungen als starkes Brummen festzustellen, das bei nahegelegenen Empfängern unabstimmbar über den gesamten Bereich geht, weil die Störfelder auf Oszillatoren und Gleichrichter einwirken. In größeren Abständen erscheint dieses Brummen meist selektiv auf bestimmten Frequenzen.

b) Störungen durch HF-Chirurgiegeräte: Die festgestellten Störungen sind hierbei nach Zahl und Art sehr gering und meist nur in unmittelbarer Nähe größerer Krankenanstalten vorhanden; sie treten zudem nur sehr kurzzeitig auf. Durch Lage der Grundfrequenz im Bereich von 1 bis 2 MHz können diese Störungen direkt im Rundfunkband liegen. Sie sind in der Frequenz instabil infolge starker Frequenzverwerfungen durch Rückwirkungen des Belastungskreises auf den festgekoppelten Generator und durch die veränderliche Belastung bei der Anwendung der verschiedenartigsten Elektrodenformen und -größen.

c) Störungen durch Ultraschallgeneratoren: Infolge modernen technischen Aufbaues sowie der Betriebsweise sind die von dieser Geräteart erzeugten Störungen an Zahl und Art am geringsten. Die Frequenz ist weitgehend stabil infolge der verwandten Schwingquarze; sie ist meist unmoduliert wegen Verwendung gesiebter Anodenspannung. Nachteilig ist die Lage der Grundfrequenz im Rundfunkband (0,8 und 1 MHz); diese ist jedoch biophysikalisch bedingt. Eine Ausbreitungsmöglichkeit von Störungen besteht fast ausschließlich über Netzleitungen.

3. Bisherige Bestrebungen zur Entstörung. Während Störungen des Funkverkehrs durch Geräte nach 2b) und c) bisher in der Praxis kaum nachzuweisen waren, und diese Geräte damit auch heute keine ernste Störquelle darstellen, liegen die Verhältnisse bei den KW-Therapiegeräten wesentlich ungünstiger. Die Bestrebungen zur Entstörung der KW-Therapiegeräte reichen bis in die Jahre 1935—1939 zurück und betrafen zumeist die Gewährleistung eines störungsfreien Rundfunkempfanges [2,3]. Die angewandten Mittel konzentrierten sich im wesentlichen auf Schaffung einer wirk-

samen Netzverdrosselung und ganz vereinzelt auf den Einbau des Gerätes in Faradaysche Käfige. Der Erfolg dieser Maßnahmen war nur in seltenen Fällen überzeugend, so daß sich meist eine gütliche Einigung zwischen Arzt und Rundfunkhörer auf vereinbarte Behandlungszeiten als beste Lösung erwiesen hat. Solange der Bau der Geräte entspr. B. 1a) nicht grundlegend geändert ist, erscheint eine vollständige Entstörung dieser Geräte kaum möglich. Erst durch die in C. angegebenen Regelungen wurde die Funkentstörung auf eine neue Basis gestellt [4, 5, 6].

C. Gesetzliche Regelung zur Durchführung eines reibungslosen Funkverkehrs

1. Allgemeines. Allgemeingültige gesetzliche Vorschriften hat es bis zum Kriege nicht gegeben. Infolge des durch den Krieg enorm angestiegenen Funkverkehrs wurde anlässlich der Weltnachrichtenkonferenz in Atlantic City 1947 erstmalig eine Zuweisung von Frequenzen für alle HF-Erzeuger vorgenommen, also u. a. auch für medizinische und industrielle HF-Geräte. Diese zunächst allgemein gehaltenen Empfehlungen sollten dann in den einzelnen Teilnehmerstaaten (im ganzen 75 ohne Deutschland) als entsprechende gesetzliche Vorschriften in Kraft gesetzt werden.

Der Zweck der Regelungen ist zusammengefaßt folgender: Ordnung des Funkverkehrs entsprechend moderner Erkenntnisse der Wellenausbreitung und Gewährleisten eines störungsfreien Funkverkehrs durch sinnvolle Frequenzzuweisung für die verschiedenen Funkdienste.

Leider ist hier festzustellen, daß die Regelungen einseitig die Belange der Funkdienste bevorzugen und nicht in angemessener Weise dem großen medizinischen Wert der HF-Verfahren Rechnung tragen. Man hätte sonst unbedingt dem therapeutisch überlegenen 50 MHz-Band eine größere Frequenztoleranz zubilligen und Spielraum für weitere biophysikalische und medizinische Forschungsarbeit auch bei noch höheren Frequenzen geben müssen.

2. Regelung in den USA. Die erste gesetzliche Regelung entsprechend den in Atlantic City erlassenen Empfehlungen erfolgte in den USA durch die Federal Communications Commission (FCC). In Teil 18 des entsprechenden Vorschriftenwerks: „rules and regulations relating to industrial, scientific, and medical service“ sind die diese Geräte betreffenden Vorschriften und Durchführungsbestimmungen festgelegt und seit Juni 1947 in Kraft. In den umfassenden Vorschriften sind Frequenzbestimmungen, Bestimmungen über die zulässige Ausstrahlung von Harmonischen sowie über den Betrieb der Geräte außerhalb der vorgeschriebenen Frequenzbänder und Angaben über Meßverfahren sowie allgemeine Verwaltungsvorschriften enthalten.

In Canada sind etwa gleichlautende Vorschriften erlassen worden.

3. Regelung für Deutschland (Bundesrepublik). Am 9.8.49 wurde vom Wirtschaftsrat auf Weisung der Militärregierung das Gesetz über den Betrieb von Hochfrequenzgeräten erlassen und damit auch die Bestimmungen des Weltnachrichtenvertrages für Deutschland als bindend erklärt. Es bildet somit die gesetzliche Grundlage zur Verhinderung von Störungen des Funkempfanges durch elektrische Geräte, die Hochfrequenz verwenden oder erzeugen. Mit der Durchführung des Gesetzes wurde die Hauptverwaltung für das Post- und Fernmeldewesen beauftragt. Da das Gesetz ohne Durchführungsbestimmungen erlassen wurde, hat anschließend die Hauptverwaltung in Zusammenarbeit mit den hieran besonders interessierten Industriegruppen eine Verwaltungsanweisung zum Hochfrequenzgesetz ausgearbeitet, die sich im wesentlichen eng an die Vorschriften der FCC anschließt und am 10.11.50 bekanntgegeben wurde. Wenn der vorgesehene Geltungsbereich dieser Verwaltungsanweisung auch sehr weit gezogen

ist, so sind damit die Industriezweige, die speziell HF-Geräte für medizinische und industrielle Verwendung herstellen, veranlaßt, durch geeignete Konstruktion ihrer Geräte den erlassenen Entstörungsvorschriften zu genügen.

D. Maßnahmen zur Durchführung der Funkentstörung

1. Allgemeines. Bei den im folgenden angeführten Maßnahmen zur Funkentstörung und Frequenzstabilisierung sollen in erster Linie die KW-Therapiegeräte

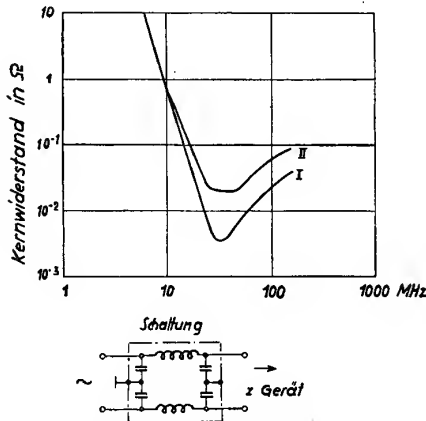


Bild 1 Kernwiderstand von UKW-Netzfiltern für KW-Therapiegeräte

entsprechend ihrer großen Verbreitung berücksichtigt werden. Die gewonnenen Ergebnisse sind sinngemäß für HF-Chirurgiegeräte und Ultraschallgeräte anwendbar.

Unter dem Begriff Funkentstörung sollen die Maßnahmen verstanden werden, die zur Unterdrückung von Funkstörungen außerhalb der zugelassenen Frequenzbänder geeignet sind. Maßnahmen zur Frequenzstabilisierung umfassen diejenigen technischen Maßnahmen, die das Einhalten der vorgeschriebenen Frequenzbänder garantieren. Die angegebenen

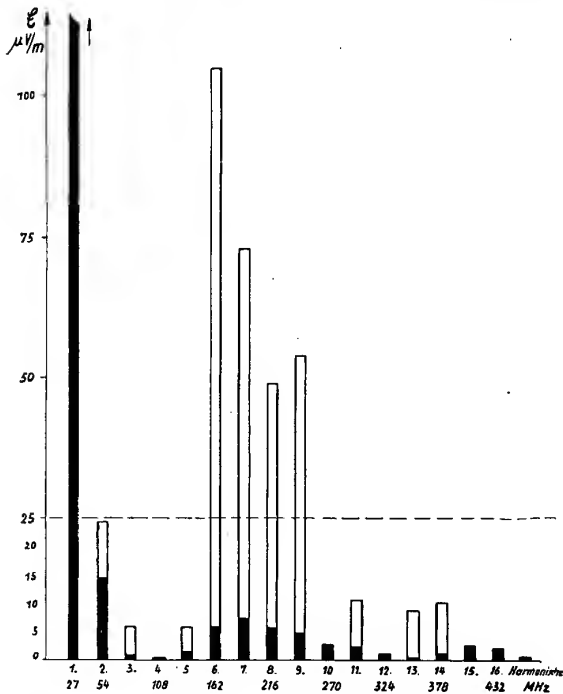


Bild 2 Feldstärken der abgestrahlten Harmonischen eines KW-Therapiegerätes in $\mu\text{V}/\text{m}$ in 300 cm Abstand vom Gerät (Maximalwerte). Grundfrequenz: $f = 27,12 \text{ MHz}$
□ : nur äußere Geräteabschirmung
■ : innere Generatorabschirmung und äußere Abschirmung

Maßnahmen sollen die grundsätzlichen Lösungsmöglichkeiten aufzeichnen. Ihre Verwirklichung in einem Gerät scheitert in der Praxis an der Kostenfrage, so daß es der Kunst des Konstrukteurs überlassen ist, den sinnvollsten Kompromiß zu finden. Die Maßnahmen zur Funkentstörung können zweckmäßig in zwei Gruppen zusammengefaßt werden: Netzentstörung und Unterdrückung der Ausstrahlung von Harmonischen.

2. Netzentstörung. Netzfilter, speziell UKW-Filter, in den Zuleitungen zum Gerät sollen die Grundfrequenz und deren Harmonische vom Netz abriegeln. Sie sollen deshalb bis zu den Frequenzen von einigen 100 MHz wirksam sein. Um dies zu erreichen, sind hohe Anforderungen an den Aufbau derartiger Filter zu stellen, um einen genügend niedrigen Kernwiderstand (Ausgangsspannung/Eingangsstrom im unbelasteten Zustand) zu erreichen. Ein sorgfältiger und abgeschirmter Einbau ist Voraussetzung für die Wirksamkeit der Filter. In Bild 1 ist der Kernwiderstand solcher Filter in Abhängigkeit von der Frequenz wiedergegeben.

3. Herabsetzung der Erzeugung, Auskopplung und Abstrahlung von Harmonischen. Am wirksamsten sind Maßnahmen zur Verhinderung der Abstrahlung von Harmonischen, die bereits am Generator durchgeführt werden, d.h. die Erzeugung der Harmonischen auf einem möglichst niedrigen Wert halten. Die hierzu erforderlichen Maßnahmen sind im allgemeinen bekannt und sollen nur kurz erwähnt werden: symmetrischer Aufbau der Generatorschaltung, Schwingkreise mit optimalem L/C -Verhältnis und hoher Kreisgüte, Wahl eines geeigneten Arbeitspunktes der Röhren und Betrieb des Generators mit Anodengleichspannung.

Eine vollständige Unterdrückung der Erzeugung von Harmonischen läßt sich jedoch nicht erreichen, so daß besonderes Augenmerk darauf zu richten ist, die Auskopplung vom Oszillator auf den Patientenkreis sowie die Ausstrahlung vom Oszillator und Sekundärkreis (Patientenkreis) klein zu halten. Um dies im einzelnen zu erreichen, haben sich folgende Mittel als wirkungsvoll erwiesen:

Abschirmung des Oszillators im Gerät; möglichst rein induktive Auskopplung der HF-Energie in den Sekundärkreis unter Verwendung geerdeter Faradayscher Schirme zur Verringerung der kapazitiven Kopplung; Abschirmung des Sekundärkreises vom Oszillator und evtl. Siebkreise für besonders stark hervortretende Harmonische. Schwierigkeiten ergeben sich hinsichtlich der Unterdrückung der Ausstrahlung von Harmonischen durch die Zuführungskabel zu den Elektroden. An Hand vorliegender Erfahrungen erweist es sich als besonders wichtig, eine gute Abschirmung des gesamten Gerätes durchzuführen. Schlitzte sollen weitgehend vermieden werden, und es ist vorteilhaft, wenn sich Abdeckbleche usw. mindestens bis zu 20 mm überlappen, wobei auf guten Kontakt der Abdeckbleche mit dem Geräterahmen zu achten ist. Im Bild 2 ist als Beispiel die gemessene Feldstärkeverteilung der Harmonischen für verschiedene Geräteabschirmungen wiedergegeben.

E. Maßnahmen zur Frequenzstabilisierung bei Betrieb innerhalb der zugelassenen Frequenzbänder

1. Allgemeines. Für medizinische HF-Geräte ist eine freie Ausstrahlung der Grundfrequenz innerhalb der Frequenzbänder $13,56 \text{ MHz} \pm 0,05\%$, $27,12 \text{ MHz} \pm 0,6\%$ und $40,68 \text{ MHz} \pm 0,05\%$ gestattet. Infolgedessen sind an den Generatoren besondere Maßnahmen erforderlich, um im Betrieb ein Überschreiten der Bandgrenzen zu vermeiden. Die angegebenen Frequenzbänder können in zwei Gruppen eingeteilt werden und ergeben im Aufbau technisch ganz verschiedene Generatortypen: $27,12 \text{ MHz} \pm 0,6\%$: selbsterregte Generatoren, $13,56$ und $40,68 \text{ MHz} \pm 0,05\%$: fremdgesteuerte Generatoren.

2. Betrieb im 11 m-Band ($27,12 \text{ MHz} \pm 0,6 \%$). Die Geräte können mit selbsterregten Oszillatoren aufgebaut werden, wenn folgende Maßnahmen dabei berücksichtigt werden, die die im Betrieb auftretenden Frequenzänderungen innerhalb der erforderlichen engen Grenzen halten: Mechanisch stabiler und ausreichend dimensionierter Schwingkreis, der keine wesentlichen Veränderungen bei den im Betrieb auftretenden Temperaturdifferenzen zeigt; große Schwingkreiskapazität gegenüber den Röhrenkapazitäten; lose Ankopplung des Sekundärkreises zur Herabsetzung der Rückwirkung vom Patientenkreis. Besondere Sorgfalt ist auf geeignete Dimensionierung des Sekundärkreises zu legen, um in allen vorkommenden Behandlungsfällen eine Abstimmung des Gerätes zu gewährleisten ohne die zulässigen Bandgrenzen zu überschreiten. Bild 3 gibt die Schaltung eines Gerätes für 27,12 MHz wieder.

3. Betrieb im 22- und 7 m-Band ($13,56$ und $40,68 \text{ MHz} \pm 0,05 \%$). Die Bereitstellung des Frequenzbandes von 13,56 MHz hat für Deutschland weniger Bedeutung, sie geht auf den Gerätebau in USA zurück, wo in diesem Frequenzbereich häufig Geräte anzutreffen sind, die nur für die Ausübung der Spulenfeldmethode ausgebildet sind. Für die allgemeinere medizinische Anwendung hat das 7 m-Band größere Bedeutung, da damit Kondensatorfeld- und Spulenfeldmethode ausführbar sind. Die vorgeschriebene Bandbreite von $\pm 0,05 \%$ schließt die Verwendung selbsterregter Oszillatoren aus und kann nur durch fremdgesteuerte möglichst quarzstabilisierte Generatoren eingehalten werden.

Der Aufbau derartiger, für die medizinische Anwendung bisher ungebräuchlicher Generatoren schließt sich eng an den Generatorbau der Nachrichtentechnik an. Der technische Aufbau derartiger Generatoren läßt bereits jetzt eine weitgehende Übereinstimmung in den Baugrundsätzen erkennen: Ausgehend von einer Oszillatorstufe mit 10,17 MHz, erfolgt in den beiden folgenden Verdopplerstufen die Erzeugung der für die Aussteuerung der Endstufe benötigten Frequenz von 40,68 MHz. Die Leistungsendstufe ist in der Regel mit einer Tetrode oder Pentode ausgerüstet, um die sonst bei Trioden erforderliche Neutralisation zu vermeiden und mit geringen Steuerleistungen auszukommen [7].

F. Maßnahmen zum Betrieb außerhalb zugelassener Frequenzbänder

1. KW-Therapiegeräte. Die ab 1950 bekanntgewordenen neu entwickelten Geräte sind zum Betrieb innerhalb der zugelassenen Frequenzbänder bestimmt, da infolge der Art der Betriebsweise der Geräte Maßnahmen zur Unterdrückung der Ausstrahlung der Grundfrequenz sehr kostspielig sind. In der Praxis erfolgt eine erhebliche Abstrahlung von Zuleitungen und Elektroden besonders bei der medizinisch bedingten Methode der Abstandsbehandlung. Mögliche Maßnahmen zur Abschirmung sind durch gut aufgebaute Faradaysche Käfige gegeben, wobei folgende Gesichtspunkte berücksichtigt werden müssen: Aufbau von Doppelkäfigen, enge Drahtmaschen, gute Ausbildung von Türkontakten, Verdrosselung der Zuleitung und möglichst geringe Aufbauhöhe über dem Boden. In Sonderfällen können hiermit Erfolge erzielt werden, jedoch ist der Aufbau nicht billig und die abschirmende Wirkung infolge Korrosion der Kontaktstellen häufig nicht von Dauer. Nachteilig sind ferner der relativ große Platzbedarf, der eine Verwendung in der normalen ärztlichen Praxis ausschließt und die besonders ungünstigen psychologischen Wirkungen auf empfindsame Patienten, sowie die im klinischen Gebrauch sehr störende immerwährende Türbedienung.

2. Hochfrequenzchirurgiegeräte. Es besteht zwar grundsätzlich die Möglichkeit, mit den zugelassenen Frequenzen Hochfrequenzchirurgie auszuüben, wozu im allgemeinen die KW-Therapiegeräte auch mit den dafür erforderlichen Zusätzen ausgestattet werden

können, doch sind diese Frequenzen nicht optimal für viele spezielle Zwecke (wie z.B. Unterwasserschneiden), da infolge der Höhe der Frequenzen die kapazitiven Fehlströme durch Handgriffe u.a. beträchtlich sind und sich daraus große Schwierigkeiten bzgl. einer Dosierung ergeben. Die speziell für Zwecke der Hochfrequenzchirurgie geschaffenen Geräte verwenden deshalb er-

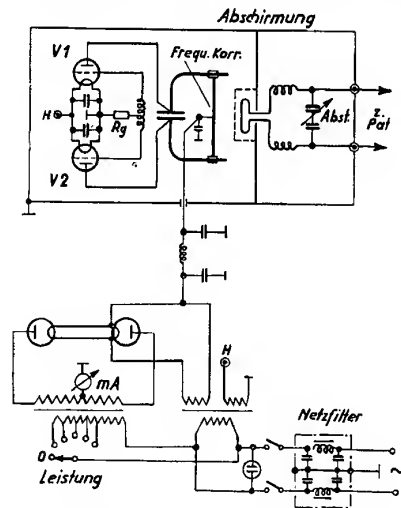


Bild 3 KW-Therapiegerät für $27,12 \text{ MHz} \pm 0,6 \%$ (funk-entstört und frequenzstabil)

heblich niedrigere Frequenzen: ca. 1,5 bis 2,5 MHz. Da bei diesen Geräten nur während des sekundenweisen chirurgischen Einsatzes Hochfrequenz erzeugt wird, sind deren Störungen nicht von Belang. Da die Elektroden und Zuleitungen im Verhältnis zur Wellenlänge klein sind, erfolgt die Abstrahlung von Hochfrequenz wohl im wesentlichen über die Netzleitung. Sie ist mit Hilfe von Netzfiltern verhältnismäßig einfach zu unterdrücken.

3. Ultraschallgeräte. Aus medizinischen und physikalischen Gründen verwenden die US-Geräte ebenfalls Frequenzen, die weit unterhalb der zugelassenen liegen. Abgesehen von Spezialgeräten mit 175 kHz (Magnetostriktionsschwinger), wird dabei meist von den Frequenzen 0,8; 1; 2,4; 3 MHz Gebrauch gemacht, wobei 0,8 und 1 MHz überwiegen. Die zugehörigen HF-Generatoren werden sowohl als selbsterregte wie auch als fremdgesteuerte Generatoren aufgebaut. Die Hochfrequenz strahlt vom Schallkopf (US-Schwinger) kaum aus, da dieser gut abgeschirmt und geerdet ist und die Energie über ein konzentrisches Kabel zugeführt wird. Eine Netzverdrosselung ist leicht mit gutem Ergebnis durchzuführen und hält die Störspannung auf der Netzleitung im Bereich von 0,8 bis 20 MHz unter 1 mV. Bild 4 zeigt die Netzentstörung eines US-Gerätes mit Hilfe eines geeignet dimensionierten Netzfilters.

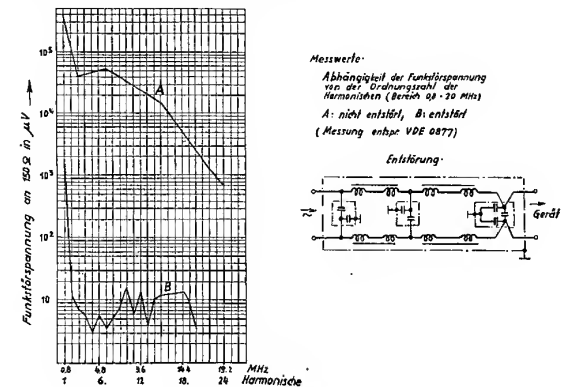


Bild 4 Funk-Entstörung eines Ultraschallgerätes

ratoren werden sowohl als selbsterregte wie auch als fremdgesteuerte Generatoren aufgebaut. Die Hochfrequenz strahlt vom Schallkopf (US-Schwinger) kaum aus, da dieser gut abgeschirmt und geerdet ist und die Energie über ein konzentrisches Kabel zugeführt wird. Eine Netzverdrosselung ist leicht mit gutem Ergebnis durchzuführen und hält die Störspannung auf der Netzleitung im Bereich von 0,8 bis 20 MHz unter 1 mV. Bild 4 zeigt die Netzentstörung eines US-Gerätes mit Hilfe eines geeignet dimensionierten Netzfilters.

G. Folgerungen in wirtschaftlicher und anwendungs-technischer Hinsicht

In den vorhergehenden Ausführungen sind die Maßnahmen aufgezeichnet, die im wesentlichen durchzuführen sind, um Geräte zu konstruieren, die den neuen gesetzlichen Vorschriften entsprechen. Sie sind für den Bau von KW-Therapiegeräten von entscheidender Bedeutung. Infolge des größeren technischen Aufwandes, der höheren Entwicklungskosten sowie schwierigeren Herstellungsverfahren der Geräte (engere Toleranzen der einzelnen Bauteile sowie größere Zahl erforderlicher Zwischenprüfungen in der Fabrikation) mußten die Preise der Geräte beträchtlich erhöht werden. Da nach dem Kriege viele ärztliche Praxen und Kliniken neu aufgebaut werden mußten und Mittel für die Gerätebeschaffung nur spärlich zur Verfügung standen, ist das Bedenken weiter Kreise gegen die einengenden Vorschriften zu verstehen, die eine Einschränkung der therapeutisch wirksamen und anerkannten medizinischen Kurzwellenbehandlungen mit nachteiligen Folgen für die Volksgesundheit befürchten lassen. In der Anwendung mußte von der bisher benutzten Frequenz von 50 MHz abgegangen werden, die in bezug auf die medizinische Wirksamkeit, die erreichbaren HF-Leistungen und die Aufbaukosten der Generatoren einen günstigen Kompromiß darstellte. Die jetzt in der KW-Therapie am häufigsten benutzte Frequenz von $27,12 \text{ MHz} \pm 0,6\%$ zeigt jedoch nach bisherigen Erfahrungen ein gleich gutes

Ergebnis. Um dieselben günstigen Tiefenwirkungen zu erzielen, ergeben sich lediglich einige Änderungen hinsichtlich der geübten Elektrotechnik.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß durch die Bestimmungen des Hochfrequenzgesetzes die geräteherstellenden Firmen vor neue Aufgaben gestellt wurden und heute in der Mehrzahl über Geräte verfügen, die den gesetzlichen Bestimmungen entsprechen und daß beim Bau der Geräte bestimmte, im vorstehenden skizzierte Maßnahmen berücksichtigt wurden, die zu dem gewünschten Ergebnis führten. Es ist geplant, diese Maßnahmen als Empfehlungen in die in Arbeit befindlichen VDE-Vorschriften betr. Funk-Entstörung von HF-Geräten und Anlagen aufzunehmen.

Schrifttum

- [1] J. Pätzold: Fortschritte der Hochfrequenztechnik. Bd. 2 (1943) 763. Akadem. Verlagsgesellschaft Becker u. Erler, Leipzig. Die Hochfrequenztechnik in der Medizin.
- [2] A. Dönhardt: Elektrizitätswirtschaft 33 (1934) H. 9. Zur Frage der Beseitigung von Rundfunkstörungen.
- [3] F. Conrad u. H. Schäffer: Hochfrequenztechn. u. El. Akustik 54 (1939) 5. Reichweitenmessung von Funkempfangsstörungen durch UKW-Behandlungsgeräte.
- [4] W. Scholz: ETZ 69 (1948) 233. Neue Aufgaben der Funkentstörung.
- [5] A. Dönhardt u. K. Sachs: Elektrizitätswirtschaft 50 (1951) 9. Zur Frage der Weiterentwicklung des Problems der Funkbeeinflussung.
- [6] F. Carqué: ETZ 72 (1951) 7. Funkentstörung und Elektroindustrie.
- [7] R. L. Norton: Electronics Oct. 1946 113. Chrystal-controlled Diathermy.

Funkstörungen durch industrielle Hochfrequenzgeneratoren

Von H. Zumbusch

Es soll hier von denjenigen Hochfrequenzgeräten die Rede sein, die durch Hochfrequenz erzeugte Wärme zu industriellen Zwecken ausnutzen. Dagegen sollen die Geräte, die die Hochfrequenz zur Steuerung eines industriellen Arbeitsvorganges verwenden (z. B. HF-Steuerung bei der Lichtbogenschweißung oder sonstige elektronische Meß- und Kontrollanordnungen) der Übersichtlichkeit halber nicht in die Betrachtungen einbezogen werden.

Wir haben es dann mit Geräten zu tun, die, ebenso wie die Diathermiegeräte, im allgemeinen Falle einstufige, eigenerregte Röhrengeneratoren (in selteneren Fällen auch Funkenstreckengeneratoren) sind, deren HF-Leistung durch Wirbelstromverluste in einem metallischen bzw. durch dielektrische Verluste in einem nichtmetallischen Werkstück in Wärme umgesetzt wird, wobei im ersten, dem induktiven Falle, der wesentliche Vorteil der HF in der Ausnutzung des Skineffektes zur reinen Oberflächenenerwärmung, im zweiten, dem kapazitiven Falle, gerade umgekehrt in der gleichmäßigen Durchwärmung des Werkstückes zu suchen ist. Wir wollen uns im folgenden überlegen, welche allgemeinen Gesichtspunkte für Aufbau und Betrieb solcher Generatoren maßgeblich sind, welche Folgerungen sich in bezug auf Funkstörungen und deren Beseitigung daraus ergeben und welche praktischen Erfahrungen bisher vorliegen.

Allgemeine Gesichtspunkte für Aufbau und Betrieb der Geräte

Aus der oben erwähnten physikalischen Aufgabenstellung sowie aus der Art des Einsatzes der Geräte in einem Fabrikationsprozeß ergeben sich von vornherein eine Reihe von physikalisch-technischen sowie wirtschaftlichen und betriebsmäßigen Gesichtspunkten, die hinsichtlich der von diesen Geräten zu erwartenden Funkstörungen und deren Behebung bzw. Begrenzung wesentliche Unterschiede gegenüber den Diathermiegeräten erkennen lassen. Die wichtigsten dieser Gesichtspunkte sind:

a) Physikalisch-technische Gesichtspunkte

Die Frequenz, auf der die Geräte arbeiten, ist in weitem Maße festgelegt durch rein physikalische Gesichtspunkte, wie Eindringtiefe, Abmessungen des Werkstücks, elektrische Eigenschaften des zu behandelnden Werkstoffes, wie Leitfähigkeit, Verlustwinkel, Dielektrizitätskonstante, Durchschlagsfestigkeit u. a. m. Natürlich sind durch diese z. T. sich widersprechenden Gesichtspunkte die jeweils optimalen Frequenzen nur in relativ weiten Grenzen festgelegt, aber das Frequenzband, in dem die drei vom Gesetz freigegebenen Frequenzen liegen, reicht weder nach oben noch nach unten hin aus. Um allen Anforderungen genügen zu können, werden Frequenzen im gesamten HF-Bereich von 10 kHz bis ins Zentimeterwellengebiet hinein benötigt.

Die Leistungen sind nicht, wie bei den Diathermiegeräten, auf einige hundert Watt beschränkt, sondern es kommen Leistungen bis 100 kW und mehr in Frage.

Die Wirk- und Blindwiderstandswerte ändern sich bei den zu behandelnden Werkstoffen während des Arbeitsvorganges häufig sehr stark, da die Größen σ , μ (Curiepunkt!), ϵ und $\tan \delta$ im allgemeinen temperaturabhängig sind, wobei zu beachten ist, daß während des Arbeitsvorganges Temperaturintervalle durchlaufen werden, die nicht, wie bei den Diathermiegeräten, nur wenige Grade, sondern bis zu einigen tausend Grad Celsius betragen können. Der Generator muß nicht nur in der Lage sein, diese Widerstandsänderungen zu vertragen, sondern er muß trotz dieser Änderungen noch während des gesamten Arbeitsvorganges möglichst viel Leistung ins Werkstück hinein liefern, damit der Prozeß überhaupt durchführbar ist. Diese Aufgabe wird am einfachsten erfüllt durch den eigenerregten Generator, dessen Frequenz entsprechend nachlaufen kann, und nach dem augenblicklichen Stand der Technik wohl nur durch diesen. Denn es kommt noch erschwerend hinzu:

Der gesamte Arbeitsvorgang muß sich oft in sehr kurzer Zeit (Bruchteile von Sekunden) abspielen. Darin besteht gerade der Vorteil der HF, die relativ große Energiekonzentrationen auf die Oberflächen- bzw. Volumeneinheit des Werkstoffes ermöglicht, gegenüber anderen Verfahren beim Löten, Schweißen, Härten, Schmelzen usw. Auch aus diesem Grund erscheint der Weg stabilisierter Frequenz bei Nachstimmung des Schwingkreises und der Kopplung in der Endstufe mit den derzeitigen technischen Mitteln kaum gangbar.

b) Wirtschaftliche Gesichtspunkte

Die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ist häufig eine wesentliche Vorbedingung für den Einsatz der HF in einem Fabrikationsverfahren. Daher verbieten sich alle Maßnahmen zur Störminderung und Frequenzstabilisierung, die eine merkbare Verschlechterung des Wirkungsgrades zur Folge haben, wie das leider bei fast allen Maßnahmen dieser Art der Fall ist.

Die Betriebssicherheit der Geräte ist im allgemeinen noch wesentlicher, da ein Ausfall in einem laufenden Fabrikationsprogramm sich betriebs- und vor allem unkostenmäßig stark auswirken kann. Daraus ergibt sich die Grundforderung, den Aufbau und das gesamte elektrische Konzept der Geräte so einfach wie möglich zu halten, da jede Komplizierung erhöhte Möglichkeit einer Betriebsstörung bedeutet.

Günstig im Sinne von Entstörmaßnahmen ist die Tatsache, daß HF-Industriegeneratoren — wenigstens vorläufig und bei großen Leistungen wohl für immer — keine Massenartikel sind. Daher sind insbesondere bei großen Anlagen unter Umständen auch relativ große Unkosten, die durch eventuelle Entstörmaßnahmen entstehen, tragbar. Allerdings dürfen sie nicht so hoch sein, daß dadurch die Wirtschaftlichkeit des ganzen Unternehmens in Frage gestellt wird.

c) Betriebsmäßige Gesichtspunkte

Betriebsmäßig werden an die Geräte oft sehr hohe Anforderungen gestellt: Dauerbetrieb, robuste Behandlung, hohe Raumtemperaturen, Verstaubungs- und Verschmutzungsgefahr und dergleichen mehr. Daraus ergibt sich wieder die Forderung, den Aufbau der Geräte so einfach wie möglich zu halten.

Zur kompletten Anlage gehört außer dem Generator die sogenannte Arbeitsvorrichtung, die stromführende Teile (Arbeitsspule, Arbeitskondensator) und eigentlich nicht stromführende Teile, nämlich die gesamte Beschickungs- und Halterungseinrichtung für den zu behandelnden Werkstoff umfaßt. Hier können die Verhältnisse im besten Fall günstiger liegen als in der Elektromedizin, indem der Behandlungsraum sehr klein sein kann und unter Umständen im Generatorgehäuse verschwindet. Oft aber liegen die Verhältnisse sehr viel ungünstiger, indem die Arbeitsvorrichtungen sehr große Abmessungen haben und unter Umständen Teile einer großen Maschine, einer Presse oder dergleichen oder einer Fließbandeinrichtung bilden.

Bezüglich des Aufstellungsortes liegen die Verhältnisse im Hinblick auf effektive Störungen des Nachrichtendienstes im allgemeinen günstiger als bei den Diathermiegeräten. Große Anlagen stehen durchweg in sogenanntem Industriegelände, innerhalb dessen keine Empfangsanlagen betrieben werden, so daß die Erfüllung der Störfreiheitsbedingungen erst außerhalb dieses Gebietes zu fordern ist. Auch in der Wahl des Standortes innerhalb des Geländes läßt sich zuweilen noch etwas tun, vor allem in dem Sinne, daß die Aufstellung im Erd- oder Kellergeschoß erfolgt. Unter Umständen ist sogar beim Neuaufbau einer Fabrik an besonders günstige Ausgestaltung des Gebäudes z. B. durch Abschirmungen in den Wänden und entsprechend vorsichtige Verlegung von Strom-, Gas-, Wasserleitungen usw. zu denken zur Herabminderung von störenden Anregungen.

Möglichkeiten der Entstörung

Aus den angeführten Gesichtspunkten geht hervor, daß der Betrieb im allgemeinen bei den im Gesetz vorgesehenen Frequenzen nicht möglich ist. Damit verlieren die Maßnahmen zur Frequenzstabilisierung und Oberflächenunterdrückung ihre Bedeutung. Es kommt im wesentlichen der Weg der möglichst weitgehenden Abschirmung in Betracht. Diese Abschirmung muß nach dem zuvor Gesagten sowohl den Generator wie auch die Arbeitsvorrichtung umfassen.

Den Generator wird man stets in ein allseitig geschlossenes Metallgehäuse einbauen und dabei alle bekannten Regeln über die Abdichtung von Gehäusen beachten. Die Schaltelemente wird man im Innern so anordnen, daß Gehäuseströme und Anregung von Sekundärstrahlern soweit wie möglich vermieden werden. Besonderes Augenmerk ist zu richten auf die Einführung von Netz- und Kontrolleitungen (Verdrosselung durch Siebketten) sowie auf den Anschluß der HF-Energieleitung, die möglichst eine konzentrische Rohrleitung oder, im symmetrischen Fall, eine geschirmte Lecherleitung sein sollte.

Bei der Abschirmung der Gesamtanlage sind folgende Fälle zu unterscheiden:

1) Die Arbeitsvorrichtung braucht während des Fabrikationsvorganges nicht zugänglich zu sein. In diesem Falle kann, wenn die Abmessungen es gestatten, die Arbeitsvorrichtung samt dem zu behandelnden Werkstoff in ein allseitig geschirmtes Gehäuse eingebaut werden, das durch die ebenfalls geschirmte Energieleitung mit dem Generator verbunden ist. Eventuell kann sogar, wie bereits erwähnt, der Behandlungsraum in das Generatorgehäuse mit eingebaut werden. Natürlich ist in jedem Fall dafür zu sorgen, daß der Generator nicht eingeschaltet werden kann, solange das Gehäuse zum Beschickungswechsel geöffnet ist.

2) Wenn die Beschickung automatisch — diskontinuierlich oder kontinuierlich — erfolgt, ist eine vollkommene Abschirmung viel schwerer zu erreichen. Bei diskontinuierlicher Beschickung kann man an Ein- und Auslaufklappen mit selbstreinigenden Kontakten denken, die sich automatisch öffnen und schließen und dabei jeweils die HF abschalten. Im kontinuierlichen Falle müßte der Ein- und Auslauf durch entsprechend lange und geeignet dimensionierte metallische Schächte erfolgen.

3) Wenn wegen zu großer Abmessungen oder zu starker Behinderung des Fabrikationsvorganges eine Abschirmung der Arbeitsvorrichtung nicht möglich ist, ist an eine Abschirmung des gesamten Raumes zu denken, wobei alle Vorschriften zu beachten sind, die seit langem für den Bau von Meßkäfigen bekannt sind. Erschwert wird das Problem durch die notwendigen Öffnungen wie Fenster und Türen, ferner durch die Einführung von Gas-, Wasser-, Netz- und Telefonleitungen sowie durch den für den Arbeitsgang notwendigen Materialdurchfluß. Man möge vor allem beachten, daß eine unsachgemäß ausgeführte Abschirmung (lange Schlitz!) sich unter Umständen dahin auswirken kann, daß die Störstrahlung vergrößert statt verringert wird.

4) Wo auch dieser Weg z. B. bei großen Werkshallen und dergleichen nicht gangbar erscheint, muß man versuchen, mit allen möglichen sonstigen Maßnahmen, wie Teilabschirmungen, Entfernung aller Leitungen und sonstigen Metallteile aus der Umgebung, die eventuell angeregt werden könnten, usw., die Störstrahlung soweit wie möglich herabzudrücken. Ist mit allen diesen Maßnahmen der vorgeschriebene Wert nicht zu erreichen, müßte eine Möglichkeit geschaffen werden, daß bei entsprechender volkswirtschaftlicher Bedeutung ein Betrieb der Anlage auch ohne vollständige Erfüllung der Bedingungen gestattet wird.

Es wäre für diesen sowie auch für alle anderen Fälle zweckmäßig, wenn die für die Funküberwachung zuständige Behörde, also das FTZ, Frequenzen namhaft machen könnte, bei denen zwar durchaus nicht beliebig gestrahlt werden darf, bei denen aber kein allzu großes Unglück zu erwarten ist, wenn die zugelassenen Werte durch Bedienungsfehler oder Störungen am Gerät oder eventuell erlaubterweise überschritten werden. Das würde auch die Überwachung vereinfachen.

Bisherige Erfahrungen

Die Zahl der Fälle, in denen bisher tatsächliche Funkstörungen durch industrielle HF-Generatoren beobachtet wurden, ist im Vergleich zu den Diathermiegeräten verschwindend klein. Das hat seinen Grund einmal darin, daß aus verschiedenen der oben aufgezählten Gründe die Störungen weniger stark in Erscheinung treten, zum anderen aber natürlich auch in der vergleichsweise sehr viel geringeren Zahl der in Betrieb befindlichen Geräte.

Wenn man die zulässigen Maximalwerte der Störfeldstärken unterschreiten will, so zeigt eine einfache Umrechnung, daß die abgestrahlten Leistungen nur von der Größenordnung einiger Mikrowatt sein dürfen, wenn man ungestörte Ausbreitung voraussetzt. Dies könnte die Entstörung bis zu dem gewünschten Grad insbesondere bei großen Leistungen von vornherein als ein hoffnungsloses Beginnen erscheinen lassen. Es wurde daher angeregt, zunächst einmal Störungsmessungen an in Betrieb befindlichen Anlagen vorzunehmen, um festzustellen, wie groß die tatsächlichen Störungen sind. Das vorliegende Material ist noch zu wenig umfangreich, als daß man weitgehende und sichere Folgerungen daraus ziehen könnte, aber man kann vielleicht schon drei wesentliche Ergebnisse aus den bisherigen Messungen herausstellen, deren allgemeine Gültigkeit allerdings noch durch weitere Erfahrungen erhärtet werden muß:

1) Die Generatoren zeichnen sich durch einen außerordentlichen Oberwellenreichtum aus. Es ist durchaus keine Besonderheit, daß sich selbst zehnte und zwanzigste Oberwellen noch im Strahlungsfeld feststellen lassen, wobei selbst bei sehr hohen Harmonischen oft Feldstärkewerte von der gleichen Größenordnung wie bei der Grundwelle oder sogar größere auftreten können. Das hängt insbesondere damit zusammen, daß eventuelle stromführende Teile, die nicht voll abgeschirmt sind oder irgendwie angeregt werden, um so eher in die Größenordnung der Wellenlänge kommen und damit gute Strahler werden, je höher die Frequenz ist.

2) Bei Langwellengeneratoren mit einer Betriebsfrequenz von einigen hundert kHz, wie sie für viele induktive Prozesse angewandt werden, ist die Strahlung für Grund- und Oberwellen relativ harmlos, sofern bei der Abschirmung des Generators und dem Aufbau der Arbeitsvorrichtung einigermaßen vorsichtig verfahren wird. Größere Anstrengungen wird man hier noch machen müssen, um die Störspannungen auf den Netzleitungen unter das geforderte Maß herabzudrücken.

3) Bei Kurzwellengeneratoren (Betriebsfrequenz etwa 20 MHz) liegen auch bei bereits recht guter Abschirmung der Gesamtanlage die Feldstärkewerte von Grund- und

Oberwellen in unmittelbarer Nähe (Größenordnung 100 m) noch relativ hoch. Aufstellung zu ebener Erde erweist sich durch die dann besonders in Erscheinung tretende Absorption der Strahlung durch umliegende Gebäude, Bäume und dergleichen als ein sehr wirksames Mittel zur Herabdrückung der Störungen. Das zeigte sich besonders darin, daß trotz relativ hoher Werte in der Nähe die für Industriegelände festgelegten Messungen in 1,5 km Entfernung vom Aufstellungsort des Generators Werte für die Störfeldstärke lieferten, die unter den zulässigen Höchstwerten lagen.

Es sei jedoch nochmals darauf hingewiesen, daß zuverlässige Schlußfolgerungen erst nach Vorliegen von sehr viel umfangreichem Meßmaterial gezogen werden können.

Die bisher vorliegenden Messungen wurden auf Anregung der VDE-Kommission 0871 vom Fernmeldetechnischen Zentralamt der Deutschen Bundespost durchgeführt.

Aussprache

Herr G. Leithäuser, Berlin: Wenn Industrie-geräte in Neubauten aufgestellt werden sollen, wäre zweckmäßigerweise so vorzugehen, daß man das Gebäude weitgehend als „Käfig“ benutzt. Zubringerleitungen sollten entsprechend verlegt werden. Durch richtige Symmetrierung auch der Generatoren können Störungen wesentlich vermindert werden.

Vortragender: Es wurde im Vortrag bereits erwähnt, daß man, wenn andere Wege nicht gangbar sind, unter Umständen zur Abschirmung des gesamten Arbeitsraumes übergehen muß. Es kann hier nur nochmals betont werden, daß man die Schwierigkeiten einer solchen Maßnahme nicht unterschätzen darf, und daß eine unvollständige Abschirmung unter Umständen schlechter ist als gar keine. Ob z. B. die Träger und sonstigen Metallteile einer Eisenbetonkonstruktion abschirmend oder im entgegengesetzten Sinne als Sekundärstrahler wirken, läßt sich nicht von vornherein entscheiden. Bei Neubauten sollte man aber in jedem Fall für eine dauerhafte, gut leitende Verbindung dieser Metallteile untereinander sorgen, da sonst bei eventuellen Anregungen durch Funkenbildung ungeheure Störungen auftreten können.

Wenn Herr Dr. Kebbel in seinem Vortrag die Raumabschirmung bereits für Diathermiegeräte als sehr fragwürdiges Mittel darstellte, so gilt das für die industriellen Anlagen erst recht. Man denke nur an große Werkshallen mit den vielen ein- und durchzuführenden Leitungen jeglicher Art, an Türöffnungen zum Materialtransport usw.

Durch gute Symmetrierung des Generators kann man unter Umständen den Oberwellengehalt herabdrücken und auf Energieleitungen Abstrahlungen durch eine Gleichtaktwelle verhindern. Im allgemeinen wird aber die Frage des symmetrischen oder unsymmetrischen Aufbaus und der Auskopplung beim Industriegenerator durch praktische Gesichtspunkte entschieden. Da man sowieso den Weg der möglichst vollständigen Abschirmung gehen muß, kommt solchen Maßnahmen vom Standpunkt der Störfreiung aus weniger Bedeutung zu.

Reichweiten der Zündentstörungen von Kraftfahrzeugen bei amplituden- und frequenzmoduliertem Empfang; Entstehung durch störrarme Kerzen und störrarme Verteilerfinger

Von K. Volk

Allgemeines

Im Jahre 1941 wurde es gesetzliche Vorschrift, sämtliche Kraftfahrzeuge auch für den zivilen Sektor mit einer sogenannten Einfachentstörung zu versehen. Darunter verstand man eine Herabsetzung der Störfeldstärke so weit, daß eine Funkstelle, die mit empfindlichen amplituden-

modulierten UKW-Empfängern (Frequenz zwischen 28 und 50 MHz) ausgerüstet war, in ihrem Funkbetrieb nicht mehr gestört wurde. Handelte es sich damals hauptsächlich um militärische Belange, so bahnt sich heute auf dem Gebiet des UKW-Rundfunks eine Entwicklung an, die mit steigender Hörerdichte in dem Bereich 87 ... 100 MHz

wiederum eine gesetzliche Regelung für die Entstörung von Kraftfahrzeugen notwendig machen wird. Daher sind auch in die neu bearbeitete Vorschrift VDE 0875 die Erfahrungen mit aufgenommen worden, die in VDE 0878 in bezug auf Entstörung von Kraftfahrzeugen niedergelegt sind.

Wozu ist die Kraftfahrzeugentstörung notwendig?

Die meisten UKW-Hörer werden die großen Städte bevölkern, in deren Nähe UKW-Sender aufgestellt sind. Sofern der UKW-Hörer nicht in der glücklichen Lage ist, in einem der höheren Stockwerke zu wohnen oder eine Dachantenne zu besitzen, ist die vom UKW-Sender kommende Feldstärke zu gering, als daß sie das für einen störfreien Empfang notwendige Verhältnis Nutzfeldstärke : Störfeldstärke = 100 : 1 erreichen könnte. Wenn auch diese für Amplitudenmodulation notwendige Bedingung für Frequenzmodulation gemildert ist, so ist doch in Stadtkernen, inmitten des Verkehrs stark störender Kraftfahrzeuge keinesfalls ein genügender Empfang möglich. Die von der Zündanlage von Kraftfahrzeugen in UKW-Empfängern eingestrahlenen Störungen fallen deswegen so unangenehm auf, weil der UKW-Empfang von der Atmosphäre und von Kollektorstörern her sehr wenig störanfällig ist. Das in Zukunft auch in Deutschland kommende Fernsehen ist als amplitudenmodulierter Vorgang empfindlich auf Kraftfahrzeugstörungen, außerdem wird eine zur Nutzspannung verhältnismäßig gleich große Störung optisch viel störender empfunden als akustisch. So ist es nicht verwunderlich, wenn man erfährt, daß im Londoner Stadtzentrum ein Fernsehempfang kaum möglich sei. Unbedingt notwendig ist die Entstörung von Kraftfahrzeugen beim Einbau von Funkgeräten, sei es eines Rundfunk-Empfängers oder seien es Gegensprengergeräte oder sonstige Funkanlagen der Polizei oder anderer staatlicher Einrichtungen. Während für den Betrieb eines Autoradios eine einfache Widerstandsentsstörung genügt, ist es noch fraglich, ob man bei Funkwagen auch mit einer verbesserten Widerstandsentsstörung auskommen wird. Darauf werden wir am Schluß dieser Ausführungen noch zurückkommen.

Was stört am Kraftfahrzeug?

- Vor allem die Zündanlage, deren störende Elemente die Zündkerzen, der Überschlagsverteiler und der Unterbrecher sind;
- der Kollektor der Lichtmaschine mit zugehörigem Spannungsregler, der meist auf dem Tirillprinzip arbeitet;
- elektrische Zusatzgeräte, wie Scheibenwischer und Wagenheizer als dauernde und Signalhorn, Schalterkontakte, Blinkgeber usw. als kurzzeitige Störer;
- Wackelkontakte im Stromversorgungsnetz;
- Karosserieteile, die während der Fahrt gegeneinander scheuern;
- Aufladung der Reifen und ihre Entladung über Lagerstellen.

Man sieht, wie mannigfaltig die Störquellen an einem Kraftfahrzeug sind. Der weitaus energiereichste Störer ist die Zündanlage, sowie der Tirill-Spannungsregler der Lichtmaschine. Wir wollen uns in den folgenden Ausführungen deshalb nur mit der Zündanlage selbst beschäftigen und mit den Maßnahmen, die auf billigste Weise ein Maximum an Entstörfähigkeit ergeben. Die übrigen Störer werden nach Bedarf entstört.

Die Zündanlage im Kraftfahrzeug

Der größte Teil aller Zündanlagen bei PKWs und LKWs sind — soweit es sich nicht um Diesel-Fahrzeuge handelt — Batteriezündanlagen, während der Magnetzündler nur noch Rennfahrzeugen und Flugzeugen vorbehalten ist. Kleinzünder in Verbindung mit einer Wechselstrom-Lichtanlage sind meist in Klein-Motor-

rädern eingebaut. Für diese Anlagen gilt ebenfalls das im folgenden über Batteriezündung Gesagte:

Die Schaltung einer Batteriezündungsanlage ist in Bild 1 dargestellt. Klemme 15 der Primärwicklung der Zündspule liegt über dem Schaltkasten an der Wagenbatterie. Die beiden Wicklungen der Zündspule sind in Sparschaltung geschaltet. Von dem gemeinsamen Punkt 1 führt eine Leitung über den Unterbrecher an Masse. Die Hochspannungsklemme 4 der Zündspule führt zum Verteilerfinger des Zündverteilers, der auf der Achse des Unterbrecherrnocks sitzt, also mit gleicher Drehzahl umläuft. Von der Zündverteilerscheibe gehen Zündkabel nach den Kerzen, die entsprechend ihrer Zündfolge am Zündverteiler richtig angeschlossen sein müssen. In einer

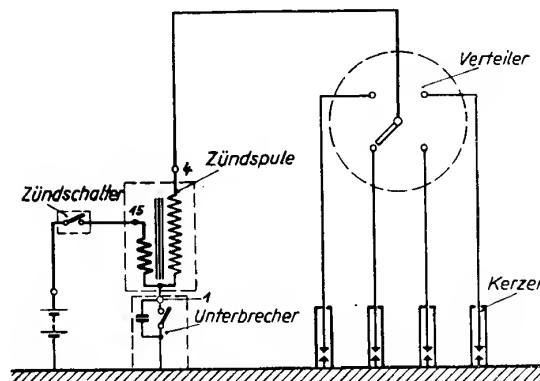


Bild 1 Schema einer Batteriezündungsanlage

solchen Anlage stören die Teile, die Hochspannungsfunkens bilden, also Kerze und Zündverteiler. Der Verteilerfinger schleift nämlich nicht auf den Verteilersegmenten, sondern hat einen Abstand, der zwischen 0,4 und 0,7 mm liegt. Der Hauptteil der Störenergie fällt auf die Kerze, da hier der Spannungsbedarf infolge des hohen Druckes im Zylinder im Augenblick der Verbrennung das Mehrfache desjenigen der Verteilerstrecke beträgt. Weit weniger störend ist der Funke, der durch das Öffnen und Schließen der Unterbrecherkontakte entsteht, die durch einen Löschkondensator überbrückt sind.

Die Ausbreitung der Störungen in der Zündanlage

Der Überschlag eines Zündfunkens an der Zündkerzelektrode sowie des Verteilerfunkens am Verteiler bewirken, daß von diesen Stellen Wanderwellen mit steiler Stirn sich über die Zündleitungen, über Zündspule und das gesamte Niederspannungsleitungsnetz des Kraftfahrzeugs ausbreiten. Ein solcher Überschlag ist mechanisch zu vergleichen mit einem Schlag, der mit einem Hammer auf ein schwingungsfähiges Gebilde ausgeführt wird. Nehmen wir z. B. verschiedene Glocken an, die wir mit demselben Klöppel in gleicher Stärke anschlagen, so wird jede Glocke mit der ihr eigentümlichen Frequenz zu Schwingungen angeregt, die wir als Ton wahrnehmen. Bei elektrischen Schwingungskreisen sind die Verhältnisse ähnlich; jeder der vielen einzelnen Schwingungskreise im Kraftfahrzeug wird in seiner Eigenfrequenz angeregt, und zwar um so stärker, je plötzlicher das elektromagnetische Feld sich ändert. Die von einer Funkenstrecke ausgehende Störenergie wird nur zum kleinsten Teil unmittelbar in den Raum ausgestrahlt, sondern in der Hauptsache über die mit den Funkenstrecken in Verbindung stehenden Leitungen. Jeder Funke ist der Ausgangspunkt von Wanderwellen steiler Stirn, die sich längs der sich anschließenden Leitungen ausbreiten. Die Zündspule stellt hochfrequenzmäßig keine Induktivität, sondern eine Kapazität dar, die die Wanderwellen in das Batterienetz des Fahrzeugs gelangen läßt. Auf diese Weise werden vor allem im Fahrzeug eingebaute Empfänger über den Batterieanschluß gestört.

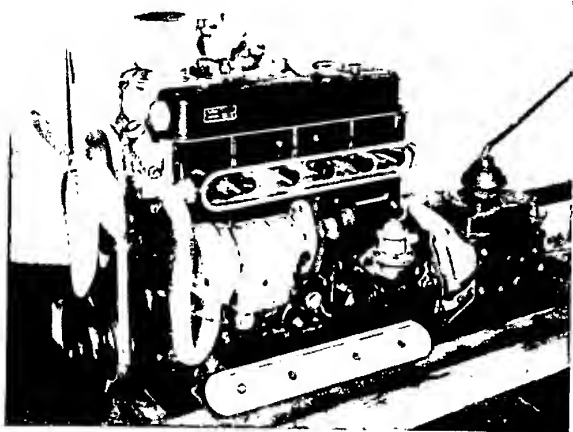


Bild 2 Sammelentstörung eines Ottomotors mit Magnetzündung

Welche Mittel gibt es, Zündanlagen zu entstören?

Wäre die Motorhaube für die Zündanlage ein metallisch vollkommen geschlossener Raum, in dem sich auch keine zusätzlichen Batterieleitungen befänden, so würde an der Ausführung der Batteriespeiseleitung, nämlich an Primärklemme 15 der Zündspule, ein einfacher Kondensator oder eine kleine Siebkette genügen, um die Störenergie mit der Motormasse kurzzuschließen.

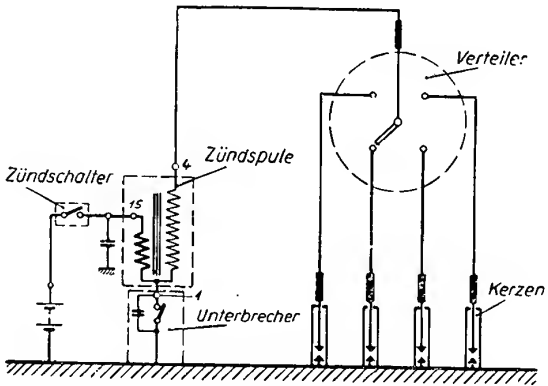


Bild 3 Einfache Widerstandsentsörung der Zündanlage

Daß diese Art der Entstörung auch praktisch verwirklicht werden kann, wurde an einem Opel-Olympia gezeigt, bei dem alle Zündleitungen mit Zündspule und Unterbrecher auf engem Raum zusammengebaut wurden. Die Schirmung bestand aus einer Haube aus Metallgaze, die mittels eines Rahmens metallisch gut leitend und abnehmbar mit dem Zylinderkopf verbunden wurde. Eine ähnliche Lösung wurde während des Krieges an Motoren von Panzer-

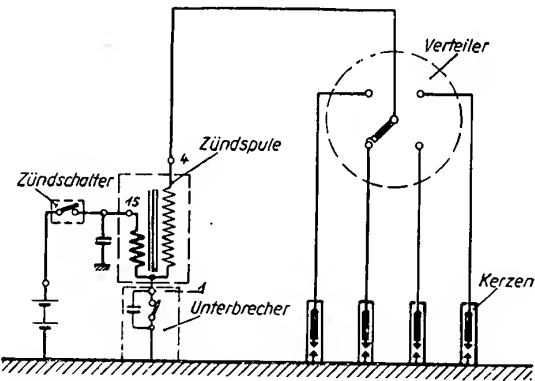


Bild 4 Entstörung mit Widerstandskerzen und Widerstand im Verteilerfinger

fahrzeugen angewandt, wo sämtliche Kerzen mit ihren Zuleitungen durch eine gemeinsame Haube überdeckt wurden. Die von dieser Haube zum Verteiler des Zündmagnets führenden Leitungen wurden, wie in Bild 2 dargestellt ist, mit einem Sammelwellschlauch geschirmt.

Wollte man eine solche Konstruktion für den Kraftfahrzeugbesitzer wirtschaftlich zumutbar gestalten, so müßte dies der Kraftfahrzeugbauer bereits in der Serie vorsehen. Für die praktisch vorkommenden Fälle genügt es jedoch, die Zündfunken an den Kerzen und die Überschlagnfunken am Verteiler mit vorgeschalteten Hochohmwiderständen zu dämpfen. Bild 3 zeigt die übliche Beschaltung von Zündkerzen und Verteiler für Wagen mit eingebautem Rundfunkgerät. Dabei ist zu beachten, daß der im gesamten Zündkreis liegende Widerstand 20 000 Ohm nicht überschreiten soll, da die Schwächung der Zündenergie durch noch größere Widerstände zu Anlaßschwierigkeiten führt. Die Widerstände sind üblicherweise in Isoliermuffen untergebracht; für die Kerzen werden abgewinkelte Stecker verwandt, während für die

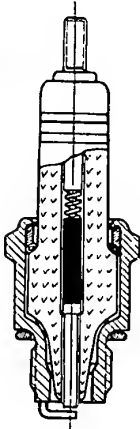


Bild 5 Bosch-Widerstandskerze

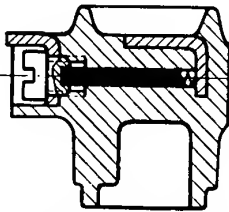


Bild 6 Verteilerfinger mit eingebautem Widerstand

Beschaltung der Verteilerleitung normalerweise eine gerade Muffe benutzt wird. Ein Kondensator an Klemme 15 der Zündspule hilft in vielen Fällen, die in das Batterienetz fließende Störenergie merkbar herabzusetzen. Diese übliche Art der Beschaltung ist nicht immer ausreichend, da die Widerstände sowohl an Kerzen wie am Verteiler, wenn auch nur wenige Zentimeter von der Störquelle entfernt, angeordnet sind. Dadurch kann die ungedämpfte Wanderwelle über diese Strecken strahlen und andere Kreise und Leiter beeinflussen. Außerdem werden die Kerzenleitungen vom Verteilerfunken aus einseitig ungedämpft gestört.

Ein Maximum der Wirkung mit Dämpfungswiderständen ist also nur dann zu erreichen, wenn der Widerstand jeweils dicht an die Störquelle gesetzt wird. Eine wirksamere Schaltung ist in Bild 4 dargestellt. Der Widerstand ist in den Kerzen und in dem sich drehenden Verteilerfinger des Überschlagverteilers eingebaut. Die entstörte Kerze ist in Bild 5, der mit einem Widerstand beschaltete Verteilerfinger in Bild 6 dargestellt. Um dem erwähnten Mangel abzuweichen, daß der Verteilerfunke nach einer Seite ungedämpft ist, wird der Verteilerfingerwiderstand von 10 000 Ohm nach Bild 7 in 2×5000 Ohm-Widerstände nach jeder Seite hin geteilt. Das heißt aber, daß außer in den Verteilerfinger auch 5000 Ohm-Widerstände in die äußeren Anschlußtürmchen der Verteilerscheibe eingesetzt werden müssen. Auf die Wirksamkeit dieser Maßnahmen wird bei der Besprechung der Meßergebnisse näher eingegangen. Die Maßnahmen, die dazu dienen, den gestörten Motorraum metallisch besser zu schließen, sollen nur kurz gestreift werden. Massebänder werden an verschiedenen Stellen der Motormasse angeschraubt und verbinden diese mit dem Rahmen, der Spritzwand und dem Kühler. Weitere Verbesserungen lassen sich oft erreichen, indem man Bowdenzüge, die durch das Instrumentenbrett in den weniger gestörten Raum führen, an der Durchführungsstelle mit der Spritz-

wandmasse metallisch verbindet. Auch das Versetzen der Zündspule von der Spritzwand an die Motormasse ist bei gewissen Fahrzeugtypen erfolgreich.

Meßmethoden

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Entstörmaßnahmen auf ihre Wirksamkeit hin messend zu vergleichen. Die beim UKW-Rundfunk angewandte Frequenzmodulation ist neuerdings mindestens ebenso wichtig wie die insbesondere beim Heer im letzten Kriege angewandte Amplitudenmodulation auf dem UKW-Bereich. Es hat auch nur im UKW-Bereich Sinn, die Strahlungsmessungen durchzuführen, weil hier die Strahlungsverhältnisse besonders gut sind, denn die Leitungslängen der abstrahlenden Zünd- und Niederspannungsleitungen liegen in der Größenordnung von $\lambda/4$.

Die Vergleichsmessungen mit amplitudenmodulierten UKW-Empfängern Ec1 und FuG 17 wurden ohne Träger durchgeführt, indem die Störweite festgestellt wurde; das ist die Grenzentfernung, bei der gerade noch eine Störung wahrnehmbar ist. Der Ec1-Empfänger arbeitet auf dem Frequenzband 27,2 ... 33,4 MHz, der FuG 17 auf 42,2 ... 47,8 MHz. Bild 8 zeigt die zur Feststellung der Störweite benutzte Apparatur auf einem kleinen Meßwagen fahrbar angeordnet. Als Antenne wurde ein senkrecht angeordneter Stab mit 2 m Länge verwandt, als Gegengewicht wurden zwei Kabel mit ebenfalls je 2 m Länge auf dem Boden ausgelegt.

Als Beispiel für Messungen an einem Fahrzeug zeigt Tabelle 1 eine Zusammenstellung der Störweiten, gemessen an einem Opel-Olympia, dessen Zündanlage mit verschiedenartiger Anordnung der Widerstände beschaltet wurde. Man erkennt hieraus, daß Widerstandskerzen ohne verbesserte Verteilerentstörung so wenig Erfolg bringen wie eine verbesserte Verteilerentstörung ohne Widerstandskerzen. Die ohne Widerstandskerzen erreichbare optimale Störweite beträgt 15 m.

Tabelle 1
Entstörung eines Opel-Olympia bei verschiedenen Anordnungen von Widerständen

Verteiler			Kerzen		Zündspule	Störweite Entfernung in m
10 000 Ohm als Muffe aufgesetzt	10 000 Ohm im Verteilerfinger eingebaut	je 5000 Ohm im Verteilerfinger u. d. Segmenten eingebaut	10 000-Ohm-stecker aufgesetzt	Widerstandskerze 10 000 Ohm	Kondensator an Kl. 15	
			unentstört			2000
×						200
×			×			30
×			×		×	25
×				×	×	22
	×		×		×	20
		×	×		×	15
	×			×	×	6
		×		×	×	4

Als Normalempfänger für die frequenzmodulierte UKW-Anlage wurde der amerikanische Empfänger Halli-crafter SX 43 verwendet. Als Antenne wurde ein $\lambda/2$ Dipol 2 m über der Straße angeordnet. Das störende Fahrzeug bewegte sich in der Hauptstrahlrichtung und wies stets mit der Motorseite zur Antenne, da in dieser Richtung die Fahrzeugstrahlung am größten ist. Die Anzeige geschah akustisch an einem Lautsprecher und wurde gleichzeitig an dem Aussteuerungsmesser U 14 (Einschwingzeitkonstante 10 ms) abgelesen. Im Gegensatz zu den

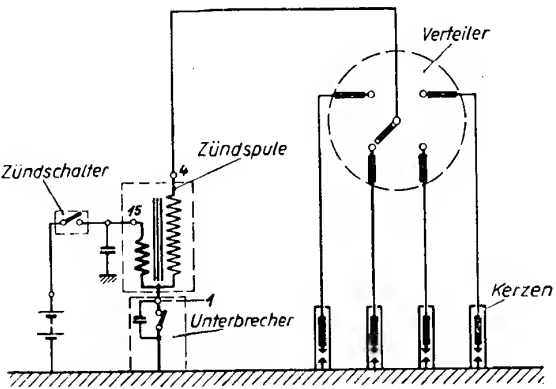


Bild 7 Entstörung mit Widerstandskerzen und verteilten Widerständen im Verteiler

Versuchen mit AM-Empfängern wurde dem gestörten Empfänger von einem Meßsender ein Nutzsignal verschiedener Größe zugeführt, das jedoch nicht moduliert wurde, weil sich die Störung so am deutlichsten bemerkbar machte. Auch hier wurde die Störweite festgestellt, und zwar für vier praktisch mögliche Werte der Empfangsfeldstärke. Das Rundfunk-Technische Institut in Nürnberg hat auf diese Weise sehr brauchbare Vergleichswerte verschiedener Entstörausrüstungen gemessen. Die Messungen wurden bei 94 MHz durchgeführt. Innerhalb des UKW-Empfangsbereiches von 87,5 ... 100 MHz konnte keine nennenswerte Veränderung des Störgrades mit der Frequenz festgestellt werden. Als Beispiel für die Messung mit einem FM-Empfänger sind in Tabelle 2 die Meßwerte an einem Volkswagen aufgeführt.

Tabelle 2
Messungen mit FM-Empfänger an einem Volkswagen

Nutzfeldstärke mV/m	Unentstört m	Widerstandskerzen	Widerstandskerzen und 10 000 Ohm auf Verteiler	Widerstandskerzen und Widerst. im Verteilerfinger	Nicht entst. Kerzen u. Widerstand im Verteilerfinger
0,5	35	26	20	3	20
1	30	17	12	1,5	12
5	17	10	3	—	3

Man sieht, daß auch hier Widerstände in Kerzen und Verteiler eingebaut werden müssen, um eine günstigste Entstörwirkung zu bekommen. Außerdem ist zu erkennen, daß bei diesem Fahrzeug die Entstörung der Verteilerseite wichtiger ist als die der Kerzen, was vom

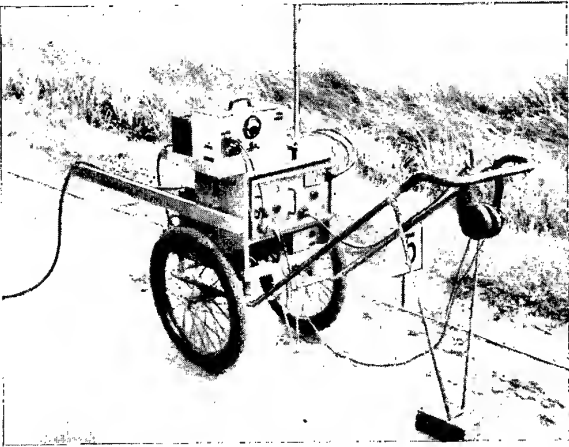
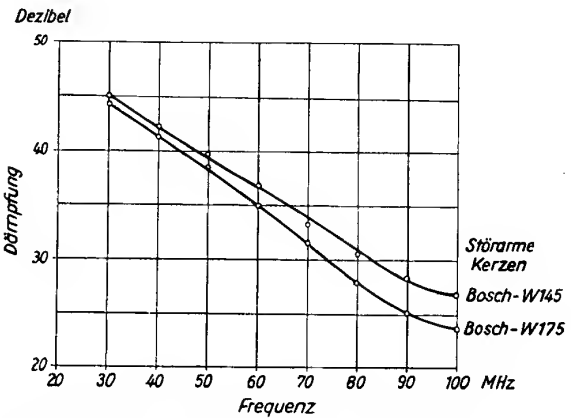


Bild 8 Meßempfänger zum Bestimmen der Störweite

günstigen Einbau des Volkswagenmotors herrühren dürfte. Die Störweiten sind stark abhängig von der vorgegebenen Nutzfeldstärke. Gegenüber AM-Empfängern liegt die Störweite im unentstörten Zustand wesentlich günstiger.

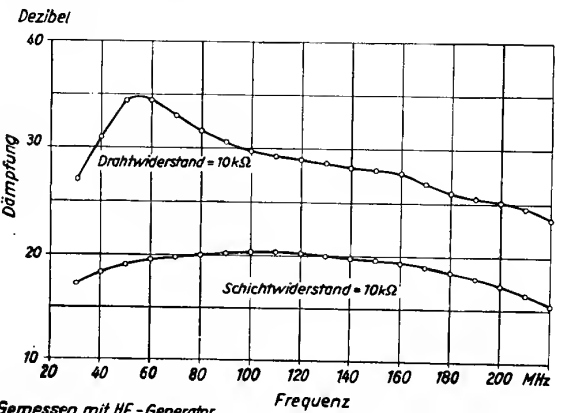
Besonders günstig sind die Verhältnisse bei 1 Zyl.-Motorrädern, bei denen kein Verteiler vorhanden ist. Bei 0,5 mV/m Nutzfeldstärke geht die Störweite bei Verwendung von Widerstandskerzen von 30 auf 3 m zurück.



Gemessen an einem Einzylinder-Motor in 30m Entfernung

Bild 9 Dämpfung der UKW-Störspannung verschiedener Zündkerzen

Eine weitere Meßmethode mit einem amplitudenmodulierten Empfänger wandte das Fernmeldetechnische Zentralamt in Darmstadt zur Untersuchung der Entstörfunktion von Widerstandskerzen an. Die zu prüfende Kerze wird in einen 1 Zyl.-Motor eingesetzt, wobei zur definierten Abstrahlung der Störspannung unmittelbar an der Kerze, der jeweiligen Meßfrequenz zwischen 30 bis 100 MHz entsprechend, eine vertikale $\lambda/2$ -Antenne angebracht wird. Die durch den Prüfling erzeugte UKW-Störspannung wird über eine vertikale $\lambda/4$ -Antenne dem Meßempfänger ESM zugeführt, der mit Amplitudenmodulation ungeregelt mit einer ZF-Bandbreite von



Gemessen mit HF-Generator

Bild 10 Dämpfung der HF-Spannung durch verschiedene Widerstände

200 kHz arbeitet. Die Störspannung wird auf einem Oszillographen als Spitzenwert gemessen. Damit wird eine von einem Meßsender erzeugte 50 % AM-Hochfrequenz-Eichspannung verglichen. Das Störspannungsverhältnis einer unentstörten Kerze zu der gemessenen Widerstandskerze kann in Abhängigkeit von der Frequenz in Dezibel aufgetragen werden. Die Meßentfernung zum Empfänger beträgt 30 m, wobei die Höhe der Meßantenne mit 4 m über dem Erdboden lag. Als Beispiel für die Dämpfung einer Widerstandskerze zeigt Bild 9 Dämpfungskurven, die nach dieser Meßmethode aufgenommen wurden.

Folgerungen aus diesen Messungen

Aus den angegebenen Meßwerten erkennt man, daß die verschiedenen Maßnahmen für die Verringerung der Störenergie bei allen beschriebenen Meßmethoden im gleichen Sinne wirken. Es wird vor allem notwendig sein, daß sich alle Stellen, die sich mit solchen Messungen befassen, auf dieselbe Meßmethode einigen. In dieser Richtung zu wirken, wird vor allem eine Aufgabe des VDE-Ausschusses 0871/1 sein. Die Messungen zeigen übereinstimmend, daß entstörte Kerzen vom entstörs-technischen Standpunkt aus nur einen Sinn haben, wenn auch die Verteilerseite entsprechend entstört wird. Wie weit man den Störgrad für die zukünftigen Belange auf dem UKW-Gebiet herabsetzen muß, ist noch nicht genügend bekannt; darüber müssen noch umfangreiche Erfahrungen gesammelt werden. Nach Ansicht des RTJ kann ein Fahrzeug als ausreichend entstört betrachtet werden, wenn seine Störweite bei einer Nutzfeldstärke von 1 mV/m höchstens 8 m beträgt. Jedenfalls muß bezüglich der Entstörung einige Reserve vorhanden sein, denn es hat sich bei Reihenversuchen gezeigt, daß die Fahrzeuge sehr stark streuen, sowohl verschiedene Fahrzeugtypen untereinander als auch innerhalb derselben Type. Diese Unterschiede im Störverhalten rühren her von verschiedenen Zündleitungslängen und deren Verlegung, vom Aufbau der Karosserie, der Kontaktgabe der Karosserieteile untereinander und vor allem von dem augenblicklichen mehr oder weniger einwandfreien Zustand der Zündanlage. In einem Fall ging z. B. die Störweite nach Säuberung der Verteilerkontakte auf den halben Wert zurück. In anderen Fällen gelang eine noch größere Störverminderung durch Verkleinerung des Überschlagsfunkenwegs von 0,7 auf 0,3 mm.

Aufbau von Entstörowiderständen

Entstörowiderstände müssen, wenn sie in Kerzen eingebaut werden, bis + 300° C temperaturfest sein. Ist dies nicht der Fall, so kann zweierlei eintreten: Entweder wird der Widerstand beim Betrieb zu hoch oder hat gar Unterbrechung; dann arbeitet die Zündung nicht mehr oder der Widerstand wird zu niedrig; damit dämpft er die Störenergie nicht mehr genügend. Eine weitere Bedingung ist die Spannungsunabhängigkeit, da gerade bei stoßartigen Spannungen wie bei der Zündung eine große Spannungsabhängigkeit die Wirksamkeit des Widerstandes stark herabsetzen würde. Sowohl bei drahtgewickelten als auch bei Massewiderständen ist die Form des Widerstandes ausschlaggebend für seine Wirkung. Die lange und dünne Bauform ist wesentlich günstiger als eine kurze, gedrungene Form, die wegen der zum Widerstand parallel liegenden Teilkapazitäten eine geringere Entstörfunktion aufweist. Bei gleichen Abmessungen hat der Drahtwiderstand gegenüber dem Massewiderstand die günstigere Entstörfunktion, weil bei hohen Frequenzen der Scheinwiderstand durch die Induktivität der Wicklung größer und seine Spannungsunabhängigkeit wesentlich geringer als die des Massewiderstandes ist. Den Unterschied von Draht- und Massewiderstand zeigt Bild 10 an Hand von Dämpfungskurven, die mit einem HF-Meßsender aufgenommen wurden, jedoch ist der Massewiderstand zum Einbau in Kerzen und Verteiler robuster, billiger und kleiner.

Zusammenfassung und Ausblick

Die besprochenen Maßnahmen ermöglichen, den Störnebel, der ein Kraftfahrzeug umgibt, durch geschickte Anordnungen von Widerständen so erheblich einzudämmen, daß man damit in das Gebiet hineinkommt, in dem bisher eine teure und umständliche Hüllentstörung notwendig war. Die Störweite für die Belange auf dem UKW-Gebiet ist heute noch nicht genau festgelegt, so daß der Aufwand der notwendigen Entstörmittel ebenfalls noch nicht endgültig übersehen werden kann. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle werden wir das

Außerste der erreichbaren Widerstandsentsörung nicht brauchen, sondern mit einfachen Kombinationen aufgesetzter Widerstände auf Kerzen und Verteiler eine praktisch genügende Entstörung erzielen. Dies ist aus wirtschaftlichen Gründen wichtig, denn es ist nicht vertretbar, zusätzliche Aufwendungen für nicht notwendige Entstörungen zu machen. Der Mehrpreis für Widerstandskerzen und entstörten Verteiler beträgt etwa 50 %. Darüber hinaus bedeutet die große Wärmebelastung des Entstörwiderstandes in der Kerze eine heute noch nicht ganz gelöste Unsicherheit für die Zündung.

Der Vorteil der Widerstandskerze und des entstörten Verteilers wäre allerdings wirtschaftlich für die Fälle ein sehr beachtlicher Fortschritt, in denen die frühere Vollentsörung, die nur durch eine vollkommene Hülle — dem Entstörgeschirr — erreicht wurde, durch die optimale Widerstandsentsörung abgelöst werden könnte. Bisher durchgeführte Versuche mit FM-Empfängern berechtigen zu der Hoffnung, daß solche Entstörgeschirre in Zukunft auch für höhere Ansprüche nicht mehr gebraucht werden, wobei man etwa 90 % am Preis der Entstörausrüstung für die Zündanlage sparen könnte. Vollkommen gekapselte Anlagen hatten den weiteren größeren Nachteil, daß der Abbrand an Kerzen- und Verteilerelektroden durch die weit höhere Kapazität der Anlage und des dadurch entstehenden kapazitiven Funkens stark beschleunigt wurde. Das nächste Ziel wird jedenfalls sein, eine Widerstandsentsörung auch für höchste Ansprüche möglichst billig zu gestalten.

Aussprache

Herr H. F. S c h w e n k h a g e n, Wuppertal: Im Elektrotechnischen Institut der TH Danzig sind im Jahre 1939 Untersuchungen über Zündkerzenstörungen begonnen worden. Sie wurden aber später wegen dringenderer Arbeiten nicht weitergeführt. Es hat sich jedoch damals schon gezeigt, daß das Oszillogramm des Zündkerzenfunken für den Entstörungstechniker erschreckend aussah. Wenn es gelingen würde, die Gasentladung in der Zündstrecke so zu stabilisieren, daß ein aperiodischer Stromstoß erfolgt, so würde zweifellos schon dadurch die Störwirkung der Zündimpulse wesentlich verringert werden. Bei der Schwierigkeit der Entstörung sollte man lieber das Übel an der Wurzel packen, als unnötig starke Störungen nachträglich abzuriegeln versuchen.

V o r t r a g e n d e r: Durch Vorschalten eines Entstörungswiderstandes erreicht man tatsächlich — allerdings ungewollt —, daß der Stromstoß ungefähr aperiodisch vor sich geht. Damit ist allerdings auch ein fühlbarer Energieverlust für den Zündvorgang verbunden. Für die Entstörung des Zündfunken ist es nicht ausschlaggebend, ob nur einer oder mehrere Entladungen sich ausbilden; wesentlich ist nur, daß der Widerstand die von der Funkenstrecke in die Leitung sich ausbreitende Wanderwelle genügend stark abflacht und daß der Wi-

derstand möglichst in unmittelbarer Nähe der Funkenstrecke in die Leitung eingebaut ist. Es ist jedenfalls von der funktionellen Seite des Motors her abzulehnen, den Zündvorgang selbst noch mehr zu verändern, als es durch Vorschalten eines Widerstandes bereits geschieht.

Herr A. N o w a k, Hannover: Wie lange dauert ein Zündimpuls?

V o r t r a g e n d e r: Der gesamte Zündvorgang dauert ungefähr 0,5 bis 1 ms, wobei das Lichtbogengebiet eingeschlossen ist. Inwieweit der hochfrequente Vorgang im Lichtbogengebiet sich wiederholt, hängt jeweils vom Motor und seinem Betriebszustand ab. Die bestimmenden Faktoren sind: Elektrodenabstand an den Zündkerzen, Art der Zündanlage, Zusammensetzung des Gemisches und die Motorendrehzahl.

Herr M a c k h, Karlsruhe, zeigte an Hand oszillographischer Aufnahmen, wie durch die Zündkerzenstörungen eines Kraftwagens die Anzeige eines Funkmeßgerätes (Radargerätes, Frequenz ca. 150 MHz) gestört wurde. Er führte aus: Die Überlegenheit der Entstörkerze gegenüber den anderen Mitteln (Widerstandsvorstecker) gegen die vom Kerzenzündfunken ausgehenden Störungen mit höherer Frequenz tritt immer deutlicher hervor. Dabei sollen die in den Kerzen eingebauten Widerstände nicht nur genügende Temperaturfestigkeit besitzen; sie müssen auch gegen die Folgen der hohen elektrischen Feldstärke im Kerzeninnern (Zerstörung durch Glimmentladung) geschützt sein. Schließlich darf die Kombination Entstörwiderstand/Kerzenkapazität der zu empfangenden Frequenzen keine die Entstörung mindernde Resonanz haben. Gegenüber den Entstörkerzen aus den Jahren 1941/42 ist durch geeignete Ausbildung der Entstörwiderstände bzw. durch Erhöhung der Kapazität Entstörwiderstand/Kerzenmasse eine Steigerung der Dämpfung um fast eine Zehnerpotenz (Amplitudenverhältnis bei 100 MHz) erreicht worden. Die Erklärung dafür, daß auch bei hohen Werten von Entstörwiderständen (100 k Ω und mehr) Otto-Motoren noch einwandfrei arbeiten, wird darauf zurückgeführt, daß es im Gegensatz zu einer verbreiteten Ansicht nicht auf die Stromstärke, sondern auf die Energie des Zündfunken ankommt. Die Zündstrecke ist eine Gasentladungsstrecke, bei der zu einem kleineren Strom eine größere Spannung gehört. Außerdem wird durch die Wirkung der Vorwiderstände die Zeit der 1. Halbwelle von Strom und Spannung verlängert, so daß die Energie (*fuidt*) dieser für die Zündung entscheidenden 1. Halbwelle auch bei hohen Vorwiderständen ausreicht.

V o r t r a g e n d e r: Die Beobachtung, daß der Motor auch noch bei sehr hohen Vorwiderständen (100 k Ω und mehr) gezündet wird, ist wohl richtig. Jedoch genügt die Zündenergie nicht mehr ganz, um den Zündvorgang bei sehr ungünstigen Verhältnissen, besonders beim Anlaßvorgang bei Kälte und magerem Gemisch sicher aufrechtzuerhalten. Deshalb sollte man über 20 k Ω im Gesamtkreis nicht hinausgehen.

Gruppe KI — Drahtfernmeldetechnik

Einführung

Von H. Düll

Die Trägerfrequenztechnik wurde in den Jahren 1935 und 1936 in das deutsche Fernkabelnetz eingeführt, und zwar wurden zunächst Zweibandssysteme in großem Umfang eingesetzt. Seit dieser Zeit ist die Trägerfrequenztechnik in Deutschland ähnlich wie im Ausland stetig und unaufhaltsam weiter in das Fernkabelnetz eingedrungen. Nach den Empfehlungen des CCIF für den internationalen Fernsprechverkehr im Jahre 1946 und in späteren Jahren ist die Trägerfrequenztechnik grundsätzlich den Leitungen des Fernsprechverkehrs vorbehalten. Damit sind die Tf-Systeme die alleinige Grundlage des Fernsprechverkehrs geworden.

Nunmehr begann der Kampf der Meinungen über die Art der anzuwendenden Trägerfrequenztechnik. Die einen traten für die Anwendung der koaxialen Kabelleitungen ein, so besonders Frankreich, England und Italien, die anderen für die Anwendung der symmetrischen Kabelleitungen, darunter Holland, Schweiz und Dänemark. Aus wirtschaftlichen und betriebstechnischen Gründen ging die Entwicklung in Deutschland in Richtung der symmetrischen Technik und führte zur Entwicklung und zum Bau des V 60-Systems, d. h. eines Vierdraht-Trägerfrequenzsystems mit 60 Kanälen in der Frequenzlage 12...252 kHz. Dieses V 60-System ist so aufgebaut, daß es wahlweise entweder auf symmetrischen Leitungen mit Gruppen zu 60, 48, 36 + 12 oder 2×24 Kanälen betrieben werden kann oder mittels einer weiteren zusätzlichen Modulationsstufe auf koaxialen Kabelleitungen oder auf Dezimeter-Richtfunkstrecken. Weitere Einzelheiten und Gedankengänge über die Entwicklung und den Aufbau des V 60-Systems wird der Fachbericht von Herrn Dr. Thierbach bringen.

Mit der Übernahme des gesamten Fernsprechverkehrs ist aber der Siegeszug der Trägerfrequenztechnik noch nicht beendet. In den letzten Jahren wurden zahlreiche Überlegungen angestellt, wie in möglichst wirtschaftlicher Weise die Zahl der Fernsprechleitungen in der Bezirksebene, d. h. im Netzgruppenverkehr, vermehrt werden kann. Die trägerfrequente Ausnutzung von vorhandenen, nachträglich entspulten Kabelleitungen in DM- und Sternverteilung wurde schon in den Jahren 1947 und 1948 eingehend untersucht und geprüft. Es ergab sich, daß es im allgemeinen möglich ist, nach einem zusätzlichen Ausgleich in den höheren Frequenzen auf entspulten Kabelleitungen Tf-Systeme bis zu einer Frequenz von 120 kHz einzusetzen.

Die Auslegung neuer Kabel erfordert zur Zeit, namentlich bei den sehr stark angestiegenen Rohstoffpreisen für Kupfer und Blei, hohe Beträge. Auch hier kann die Trägerfrequenztechnik helfend eingreifen und die Möglichkeit schaffen, in den Fernsprechnetzen zwischen Hauptamt und Knotenamt oder auch zwischen Hauptamt und Endamt geeignete Netzgruppen-Tf-Systeme in Betrieb zu nehmen und damit die Zahl der Stromkreise wesentlich zu vermehren.

Die Anwendung dieser Tf-Systeme an Stelle von niederfrequent betriebenen Leitungen in der Netzgruppenebene erscheint zunächst für den Betrieb nachteilig und unerwünscht, weil dadurch die Schaltungen verwickelter

und die Störungsmöglichkeiten größer werden. Da aber durch Verwendung von Netzgruppen-Tf-Systemen nicht nur die Kosten für neue Stromkreise gesenkt und in vielen Fällen die Auslegung von neuen Kabelleitungen vermieden werden können, da ferner auch die Leitungsdämpfung zwischen den genannten Ämtern herabgesetzt und der Sprechverkehr verbessert wird, wird der genannte Nachteil einer zusätzlichen trägerfrequenten Schaltung im Selbstwählbetrieb in Kauf genommen werden.

Von der Fernmeldeindustrie wurden verschiedene Ausführungen von Netzgruppen-Tf-Systemen vorgeschlagen: ein 4 kHz-System mit Einseitenband-Übertragung und zwei 8 kHz-Systeme, eines mit Zweiseitenband-Übertragung und eines mit Einseitenband-Übertragung. Die Prüfung dieser Vorschläge ergab als zweckmäßigste Lösung die Entwicklung eines 8 kHz-Systems mit Einseitenband-Übertragung, über das Herr Dipl.-Ing. Oehlen in seinem Fachbericht nähere Ausführungen und Einzelheiten bringen wird.

Bei den symmetrischen Tf-Leitungen, auf denen die V 60-Systeme eingesetzt werden, wird Papierisolation angewendet. Diese Leitungen haben eine hohe kilometrische Dämpfung und bedingen dadurch verhältnismäßig kurze Verstärkerfelder von höchstens 18...20 km Länge. Auch bei Verwendung von unbemannten Zwischenverstärkerämtern besteht in vielen Fällen der Wunsch, diese Verstärkerfeldlängen zu erhöhen, um dadurch eine günstigere Kabelplanung zu erhalten. Die Anwendung von Styroflex als Isolierstoff würde zwar eine wesentliche Senkung der Leitungsdämpfung gestatten, wie die Erfahrungen in früheren Jahren gezeigt haben, der Preis dieses Isolierstoffes ist aber so hoch, daß schon aus wirtschaftlichen Gründen auf die Verwendung von Styroflexisolation verzichtet werden mußte.

Der von der Kabelindustrie vorgeschlagene Übergang von Papierisolation zu porösen Isolierstoffen aus Polystyrol, das ähnliche Eigenschaften wie das Styroflex, also geringe Dielektrizitätskonstante und kleinen Verlustwinkel aufweist, aber wesentlich wirtschaftlicher ist, ermöglicht die Herstellung von Kabeln mit gleichem Durchmesser wie bei Papierisolation, aber mit beträchtlich geringerer Dämpfung. Von wesentlicher Bedeutung dabei ist, daß der poröse Isolierstoff, auch Schaumstoff genannt, in die Form von Bändern gebracht werden kann, die auch die erforderlichen mechanischen Eigenschaften besitzen müssen.

Bei einem solchen Schaumstoff kann die Dämpfung der neuen Tf-Kabelleitungen bei der Frequenz von 252 kHz um mehr als das 20fache gesenkt und dadurch die Verstärkerfeldlängen in gleichem Maße vergrößert werden. Man kann mit Vorteil auch den Schaumstoff bei Bezirkskabelleitungen anwenden und dadurch geringere Dämpfungswerte und geringere Dämpfungsverzerrung erreichen. Weiterhin findet dieser Isolierstoff auch Anwendung auf dem Gebiete der Hochfrequenzleitungen, und zwar sowohl für Empfangsleitungen als auch für Energieleitungen. Eingehende Einzelheiten hierüber wird der Fachbericht von Herrn Obering Heitzmann bringen.

Die Trägerfrequenzsysteme im Fernsprechnetz

Von D. Thierbach

Innerhalb der letzten 2 oder 3 Jahrzehnte sind Trägerfrequenzsysteme die Grundlage des Fernverkehrs geworden. Überall in der Welt beschäftigen ihre Technik und ihre Wirtschaftlichkeit die Fachleute [1, 2, 3]. Bei einem modernen Trägerfrequenzsystem werden die Frequenzbänder der einzelnen Nachrichtenkanäle mit Hilfe der Einseitenbandmodulation aus ihrer natürlichen Lage in ein breites Übertragungsband — von Kabelleitungen oder von Funkgeräten zur Verfügung gestellt — versetzt und gemeinsam übertragen. Da die Bänder gemeinsam weitergeleitet und verstärkt werden und man frei in der Frequenzwahl des Übertragungsbandes ist, werden die Übertragungsmittel gut ausgenutzt. Die Wirtschaftlichkeit der Trägerfrequenzsysteme ist deshalb sehr hoch. Erfreulich und erstaunlich ist es, daß dabei eine Reihe technischer Vorteile gewonnen wird, die der Qualität der Übertragung zugute kommen und daß nicht eine schwerfällige, sondern im Gegenteil eine sehr anpassungsfähige und im Grunde recht einheitliche Gerätetechnik sich entwickeln konnte.

Bei den folgenden Betrachtungen soll die Technik im Vordergrund stehen. Auf einen großen Vorteil des Trägerfrequenzverfahrens sei zuerst aufmerksam gemacht. Wie schon erwähnt, läuft bei einem Trägerfrequenzsystem eine ganze Reihe von Nachrichten gemeinsam über die Strecke. Ist diese ideal, so ändert sie nichts an den Eigenschaften der einzelnen Nachrichtenkanäle, wie sie durch die Modulationseinrichtungen, d. h. durch die Endgeräte gegeben sind, und man kann diese dann unabhängig von den jeweiligen Übertragungsmitteln bauen und einsetzen. Natürlich gibt es keine ideale Übertragungsstrecke. Da aber für die Mehrfachausnutzung ein breites Band erforderlich ist und da sich bei der gemeinsamen Verstärkung die einzelnen Nachrichten gegenseitig nicht beeinflussen dürfen, so ergibt sich beinahe von

ist eine Kabelleitung und eine Funkstrecke mit einem Zwischenverstärker gezeichnet. Die Endgeräte müssen nun so gebaut werden, daß der einzelne Nachrichtenkanal folgende Eigenschaften erhält:

- 1. ein genügend breites Frequenzband mit gleichmäßigem Übertragungsfaktor,
- 2. kleine Laufzeitverzerrungen,
- 3. einen sehr kleinen Klirrfaktor innerhalb ausreichend großer Aussteuerungsgrenzen,
- 4. einen mehr als ausreichenden Geräuschabstand.

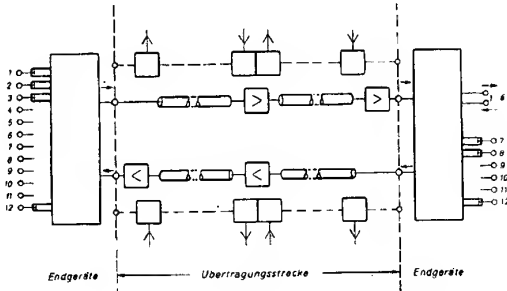


Bild 1 Schema einer Trägerfrequenzverbindung

Es ergibt sich nun die Frage, ob man sich beim Bau der Endgeräte auch der Forderung nach der verschiedenen Zahl der Nachrichtenkanäle anpassen kann, die in einem Nachrichtennetz gefordert werden, und ob man die Aufgabe einer Verteilung von Nachrichtenbändern an Knotenpunkten gut lösen kann. In Bild 1 ist rechts schon angedeutet, wie nur die eine Hälfte der Kanäle als Teilnehmerleitung enden soll, während die andere

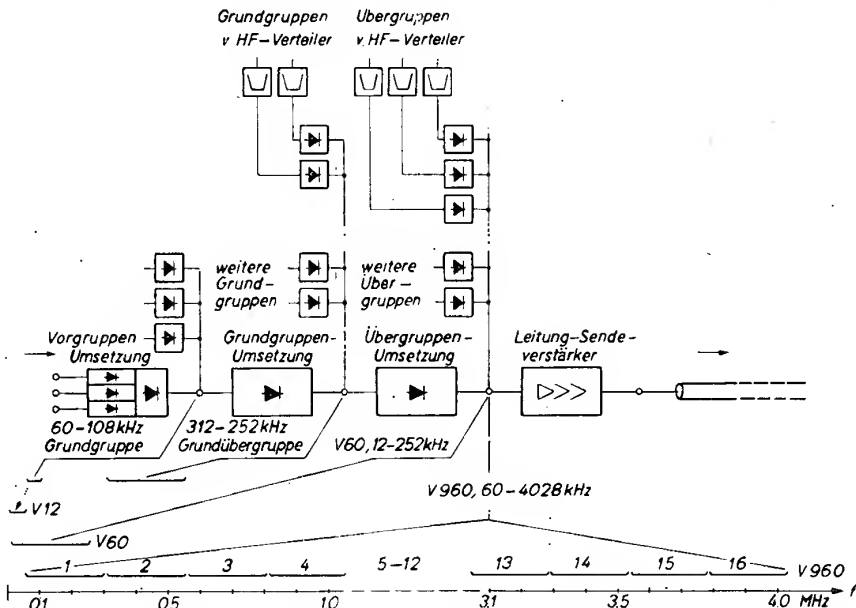


Bild 2: Prinzipstromlauf der Endgeräte und Frequenzschema

selbst, daß praktisch alle Eigenschaften des Einzelkanals bis auf die Geräuschfreiheit und die Konstanz der Restdämpfung unverändert bleiben. Es entsteht so ein Schema für eine Trägerfrequenzverbindung, wie es Bild 1 zeigt.

An den Endpunkten der Verbindung stehen die Endgeräte, denen die einzelnen Nachrichtenkanäle zugeführt werden. Als Mittel für deren gemeinsame Übertragung

Hälfte geschlossen in einem Bündel zu irgendeinem anderen Nachrichtensystem weitergeführt wird. Die Lösung dieser Aufgabe ist eng verbunden mit der Technik der Modulation, durch die die Frequenzlage der einzelnen Kanäle geändert wird (Bild 2). Die Einseitenbandübertragung bei unterdrücktem Träger hat große Vorteile. Sie nutzt die Übertragungsstrecke ebenso gut aus, wie es die Nachricht in der Originallage tun würde. Die Endlage im

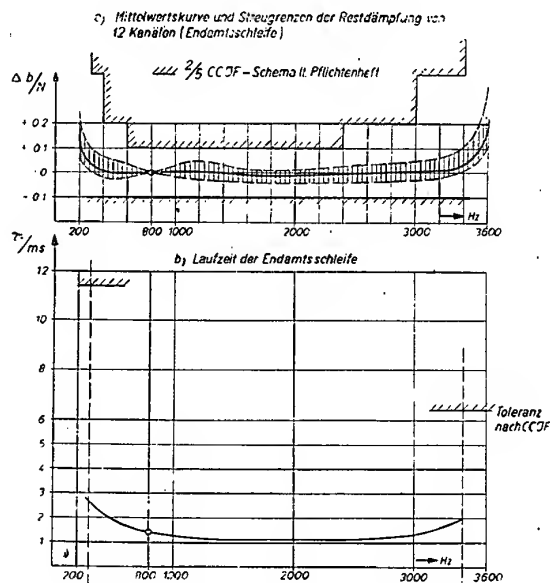


Bild 3 Restdämpfung und Laufzeit der Endamtschleife

Übertragungsfrequenzband wird nun nicht in einer einzigen Modulationsstufe hergestellt, sondern erst durch eine Reihenschaltung mehrerer erreicht. Dabei wird nur die erste Modulationsstufe von einem Kanal allein durchlaufen. Die folgenden sind mehreren Kanälen gemeinsam. Durch diese Technik wird erreicht, daß die zur Abtrennung des zweiten Seitenbandes notwendigen Filter einfach und betriebssicher gebaut werden können [4]. So ergeben sich wirtschaftliche Geräte mit geringem Raumbedarf. Bei den Trägerfrequenzsystemen der Firma S&H liegen 3 einzelne Kanalumsetzer im Frequenzbereich von 12...24 kHz. Ihre 3 Bänder bilden die Vorgruppe. Sie werden gemeinsam umgesetzt und 4 Vorgruppen bilden in der von CCIF empfohlenen Frequenzlage 60...108 kHz die sogenannte Grundgruppe. Diese enthält also die Nachrichtenbänder von 12 Kanälen.

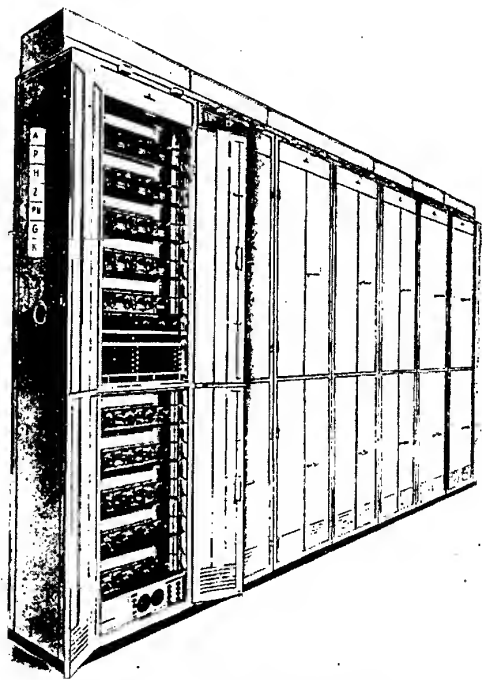


Bild 4 Ansicht eines Vorgruppengestelles

12 Kanäle umfaßt das kleinste im Fernnetz verwendete Trägerfrequenzsystem V 12 für symmetrische Kabel. Das Übertragungsfrequenzband ist 12...60 kHz und wird durch einmalige Umsetzung der Grundgruppe gewonnen.

Im Nachrichtennetz werden aber meist größere Bündel gefordert. Das ist einleuchtend, wenn man bedenkt, daß auf einer Fernstrecke Durchgangsfernamt—Durchgangsfernamt 1000...2000 Nachrichtenkanäle laufen können. Um diese Aufgabe zu lösen, könnte man zahlreiche V 12-Systeme parallel arbeiten lassen. Größere Bündelstärken für das Trägerfrequenzsystem ergeben aber eine größere Wirtschaftlichkeit. So bildet man aus 5 Grundgruppen ein 60er Bündel in der Frequenzlage nach CCIF von 312...552 kHz (Grundübergruppe) und erreicht dann die Übertragungsfrequenzlage des V 60-Systems für symmetrische Kabel im Frequenzband 12...252 kHz durch eine Übergruppenumsetzung. Bei Ausnutzung mit V 60-Systemen überträgt dann ein 24paariges Kabel mit symmetrischen Adern von 1,2 mm Durchmesser 1440 Nachrichtenkanäle. Es hat sich gezeigt, daß dieses Trägerfrequenzsystem mit einer Bündelung von 60 Kanälen große Bedeutung für ein Nachrichtennetz hat, das stark verzweigt ist. Es ist vor allem sehr wirtschaftlich. Als Beispiel sei angeführt, daß der Kupferbedarf der Leitung je Sprechkreis nur 0,68 kg/km beträgt.

An Stellen, wo das Bedürfnis nach sehr vielen Sprechkreisen vorliegt, läßt sich die Wirtschaftlichkeit noch verbessern durch Trägersysteme mit Gesprächszahlen von 960 Sprechkreisen. Zur Übertragung dienen dann koaxiale Kabel. Diese Systeme bauen ebenfalls auf der Grundübergruppe auf. Durch Übergruppenumsetzer reiht man die Bänder von 16 Übergruppen im Bereich 60...4028 kHz aneinander.

Wir haben also einen stufenweisen organischen Aufbau der Trägerfrequenzsysteme vor uns. Systeme niedriger Kanalzahl bilden die Grundgruppe für Systeme höherer Kanalzahl. Die Frequenzlagen der Grundgruppe und der Grundübergruppe sind normalisiert. In diesen Frequenzlagen können 12 oder 60 Gespräche in andere Trägerfrequenzsysteme übergeführt werden. Es sind besondere Filter, die Gruppen- oder Übergruppentrennfilter, entwickelt worden, die für eine saubere Trennung von den übrigen Kanälen sorgen. So werden künftig die Verstärkerämter um eine neue Gestalt bereichert werden, die Hochfrequenzverteilergestelle, an denen Gesprächsgruppen auf die vorbestimmten Wege oder Systeme geschaltet werden können [5].

Es sind verschiedentlich Bestrebungen im Gange, das Frequenzschema für V 960 so zu verändern, daß besondere Lücken vorgesehen werden, die die Abspaltung von Gruppen noch vereinfachen.

Während im ganzen Trägerfrequenzsystem der größte Teil der Charakteristiken der Kanäle durch die Endgeräte gegeben ist, werden diese Charakteristiken innerhalb der Endgeräte durch die ersten Stufen der Modulation und die NF-Teile bestimmt, d. h. durch die Teile des Systems, in denen der Kanal einzeln auftritt. Diesem Teil der Geräte, der auch zahlenmäßig am größten ist, muß also besondere Sorgfalt gewidmet werden. Zahlreiche Messungen an Endgeräten, besonders an Geräten für das V 60-System, haben bestätigt, daß man gute Eigenschaften für die einzelnen Kanäle erreicht [6]. Bild 3 a zeigt die Mittelwertskurve des Restdämpfungsverlaufs einer Gruppe von 12 Kanälen und die Streugrenzen für die einzelnen Kurven. Diese Kurven nützen die vorgegebenen Toleranzen, die bereits die Reihenschaltung mehrerer Trägerfrequenzsysteme berücksichtigen, bei weitem nicht aus. Der glatte Kurvenverlauf ist das Ergebnis sorgfältiger Filterbemessung und geschickter, wenn auch einfacher Entzerrung. Man hat es in der Hand, die Kurvenform des Restdämpfungsverlaufs, besonders an den Kanten des Übertragungsbereiches, bestimmten Anforderungen anzupassen.

Auf Bild 3 b ist die Gruppenlaufzeit in den Frequenzgrenzen zwischen 0,3 und 3,4 kHz gezeigt. Die Laufzeit-

differenzen sind klein und lassen für Reihenschaltungen genügend Spielraum. Laut CCIF sind für eine internationale Verbindung Laufzeitdifferenzen gegenüber 800 Hz bei 0,3 kHz von 10 ms und bei 3,4 kHz von 5 ms zulässig.

Der Klirrfaktor in einem Kanal liegt bei 1 mW am relativen Pegel Null für die Obertöne zweiten Grades unter 1 % und für die Obertöne dritten Grades unter 0,3 %. Damit ist die einwandfreie Übertragung von Wechselstromtelegrafie sichergestellt. Die Aussteuerungsgrenze und der geradlinige Verlauf der Aussteuerungskurve (Dynamik) werden gut eingehalten.

Störgeräusche in einem Kanal können durch äußere Einflüsse, Wärmetauschen und durch lineares und nicht-lineares Nebensprechen verursacht werden. Die Messungen haben hier gezeigt, daß die geplanten Werte sich nicht nur einhalten, sondern zum Teil unterschreiten lassen. Dabei ist darauf Rücksicht genommen, daß der Hauptteil der zulässigen Geräuschenenergie für die Übertragungsstrecke vorgesehen werden muß. Als Beispiel sei angeführt, daß der Geräuschleistungsanteil der Endgeräte je Kanal, wenn das System nicht besprochen wird, weniger als 150 pW beträgt, während nach der Planung 600...800 pW erreicht werden dürfen. Die Endgeräte sind also als Einheitsgeräte brauchbar.

Bild 4 zeigt die Fotografie eines Vorgruppengestells. In einem Gestell sind alle Einrichtungen für Modulation und Demodulation bis zur Grundgruppe für 60 Kanäle untergebracht, 30 Einrichtungen auf jeder Seite. Es ist raumsparend und übersichtlich aufgebaut. Ein zentrales Schaltfeld läßt die wichtigsten Punkte der einzelnen Kanäle erfassen.

Zur Fernübertragung dienen Leitungen und Funkstrecken. Zur Zeit ist noch die Drahtleitung der Hauptträger im Nachrichtennetz und daher sollen die folgenden Ausführungen auf diese beschränkt bleiben. Es ist ganz nützlich, vor die einzelnen Betrachtungen eine allgemeine Übersicht über die wichtigsten dabei auftretenden Probleme zu stellen. Dabei soll uns die Tabelle 1 helfen, die uns einen Überblick über die maßgeblichen Eigenschaften der wichtigsten Leitungsarten gibt. Zum Vergleich wurden ausgewählt für NF-Ausnutzung Kabelleitungen von 0,9 mm, belastet nach neueren Vorschlägen des CCIF für eine obere Übertragungsgrenze von 3,4 kHz. Als Beispiel für trägerfrequente Ausnutzung sind angeführt symmetrische Leitungen von 1,2 mm unbelastet und koaxiale Leitungen in der vom CCIF empfohlenen Bemessung 2,6/9,4 mm.

Tabelle 1
Dämpfung und Laufzeit verschiedener Kabel

Leitung	Aus-nutzung mit	f_{\max} kHz	β_{\max} Stamm mN/km	b_{\max} 2500 km N	$\frac{\Delta b}{2500 \text{ km}}$ für 3,1 kHz N	b_{\max} Kanalzahl N
symmetr. 0,9 mm	NF	3,4	27,8	69,5	12	69,5
symmetr. 1,2 mm	V 60	252	334	835	6,3—12,5	14,0
koaxial 2,6/9,4	V 960	4028	545	1360	0,68—5,7	1,4

Leitung	Aus-nutzung mit	f_{\max} kHz	τ_{\max} $\mu\text{sec/km}$	t_{\max} 2500 km msec	$\frac{\Delta t}{\text{Kanal}}$ μsec
symmetr. 0,9 mm	NF	3,4	59,2	148	47 000
symmetr. 1,2 mm	V 60	252	4,6	11,5	< 50
koaxial 2,6/9,4	V 960	4028	3,56	8,9	< 2,5

In den ersten zwei Spalten des oberen Teiles der Tabelle sind die höchsten ausgenutzten Frequenzen und die dazugehörigen spezifischen Dämpfungen angegeben. Die nächste Spalte bringt die maximale Dämpfung für eine Länge von 2500 km, über deren maßgebliche Festlegung zur Zeit im CCIF beraten wird. Die maximale

Dämpfung ist bei den NF-Leitungen naturgemäß am geringsten und beträgt etwa 70 N. Bei den symmetrischen Leitungen, ausgenutzt mit V 60, ist sie etwa zehnmal so groß, d. h. etwa 835 N. Bei dem Vielfachsystem für koaxiale Leitung V 960 steigt die maximale Dämpfung weiter an. Der Anstieg ist aber keineswegs etwa proportional dem Anstieg der Gesprächszahl, die Dämpfung steigt auf 1360 N. In der Überwindung der größeren Dämpfung liegt die technische Aufgabe bei den Trägerfrequenzsystemen. Man muß dazu die Verstärker in engeren Abständen als bei NF setzen und besondere Maßnahmen für Entzerrung und Konstanthaltung der Restdämpfung treffen. Einen größeren Aufwand im einzelnen Verstärkerpunkt kann man sich leisten, da jeder Verstärker und Entzerrer oder Regler durch viele Gespräche ausgenutzt wird.

Da der Aufwand für Verstärker in irgendeiner Form von der Bandbreite und der zu überwindenden Dämpfung abhängt, ist es interessant, einmal die letzte Spalte der oberen Tabelle zu betrachten. Hier ist die maximale

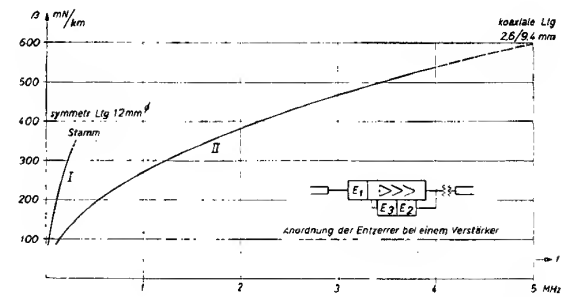


Bild 5 Dämpfungsverlauf von symmetrischen und koaxialen Kabeln

Dämpfung dividiert durch die Kanalzahl, die im jeweiligen Übertragungsbereich übertragen wird, angegeben. Man erhält dann in der Größe des Quotienten ein Maß für den erforderlichen Aufwand. Bei NF ist diese Zahl natürlich gleich der maximalen Dämpfung, d. h. etwa 70 N je Kanal. Schon bei dem V 60-System sinkt der Dämpfungswert erheblich auf 14 N je Kanal. Er geht beim V 960-System um eine Zehnerpotenz weiter herab.

Um die zeitliche Konstanz der Restdämpfung zu sichern, werden stark gegengekoppelte Verstärker verwendet. Auf besonders langen Strecken verwendet man durchlaufende Pilotströme, die Abweichungen vom Sollwert entweder anzeigen oder automatisch beseitigen. Beim V 60-System hat der Pilotstrom die Frequenz 60 kHz. Beim Koaxialsystem werden zwei Pilotströme verwendet mit den Frequenzen 60 kHz und 4092 kHz. Möglichst weit durchlaufende Pilotströme haben den Vorteil, daß eine Addition von Fehlern der Teilabschnitte vermieden wird.

Die vorletzte Spalte der oberen Tabelle gibt die Dämpfungsverzerrung an, die in ein Einzelband fallen kann. Dieser Wert ist trotz der hohen Maximaldämpfung für Trägerfrequenzsysteme, weil für einen Kanal das Band relativ sehr schmal ist, im Mittel geringer als bei NF-Verbindungen. Dabei ist bei den Trägerfrequenzsystemen der Dämpfungsverlauf im Einzelkanal praktisch geradlinig.

Außer der Dämpfung der Kabel kann noch ihre Laufzeit Schwierigkeiten machen. Hierzu sind für die angegebenen Leitungsarten in der unteren Hälfte der Tabelle die wichtigsten Angaben zu finden. Die NF-Leitungen scheiden für die betrachtete Entfernung allein schon wegen ihrer großen absoluten Laufzeit von etwa 150 ms aus. Bei den Trägerfrequenzleitungen liegt diese in der Größenordnung von 10 ms, ist also ausreichend klein. Ebenso ist ihre Laufzeitverzerrung praktisch vernachlässigbar, sie ist sehr viel kleiner als 1 ms. Von dieser Seite her sind also keinerlei Schwierigkeiten zu erwarten.

Bild 5 zeigt, daß der Verlauf der Dämpfung der Trägerfrequenzleitungen mit der Frequenz glatt ist. Die

Dämpfungskurve steigt in erster Näherung nach einer einfachen mathematischen Funktion monoton an. Die Aufgabe der Entzerrung wird auf mehrere Entzerrer aufgeteilt (Bild 5 rechts unten). Die Leitungsdämpfung bei einer Normaltemperatur wird möglichst genau ausgeglichen durch zwei Entzerrer. Der eine Entzerrer E1 wird dem Verstärkerteil vorgeschaltet, der andere Entzerrer E2 ist in den Gegenkopplungsweg des Verstärkers eingeschleift. E1 ist in groben Stufen veränderbar oder austauschbar, damit er an verschiedene Kabellängen angepaßt werden kann, während E2 feinstufig regelbar ist. Dadurch, daß ein Teil der Entzerrung in den Gegenkopplungsweg gelegt ist, wird der Geräuschabstand für einen großen Teil der Kanäle verbessert. Ein dritter Entzerrer E3 wird abwechselnd in einigen Ämtern als Zusatzentzerrer für Restfehler oder als Temperaturentzerrer ausgebildet. Der aktive Verstärkerteil ist dreistufig.

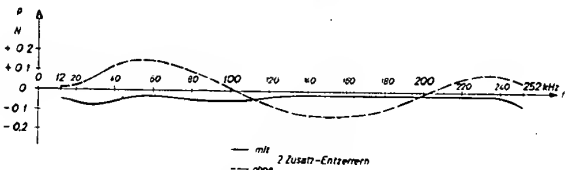


Bild 6 Restverzerrung einer 120 km langen V 60-Strecke (6 Verstärkerfelder)

Bild 6 zeigt als Beispiel den Pegelverlauf einer 120 km langen V 60-Strecke mit Verstärkern. Die Verstärker sind in Abständen von etwa 20 km eingesetzt. Ihre einstellbare Maximalverstärkung bei der Höchsfrequenz beträgt 7,5 N. Ohne Zusatzentzerrer, d. h. nur mit Entzerrern der Type E1 und E2 ist die Strecke bereits bis auf etwa $\pm 0,13$ N entzerrt. Mit Zusatzentzerrern (E3) in zwei Ämtern sind die Abweichungen des Pegelverlaufes von einer geraden Linie kleiner als 0,03 N.

Die Dämpfung einer Kabelstrecke ändert sich mit der Temperatur, und zwar für die symmetrischen und koaxialen Kabel nach verschiedenen Gesetzen. Bei symmetrischen Kabeln ist diese Änderung leider eine komplizierte Funktion der Frequenz und außerdem vom jeweiligen Kabeltyp etwas abhängig. Die Änderungen stehen aber

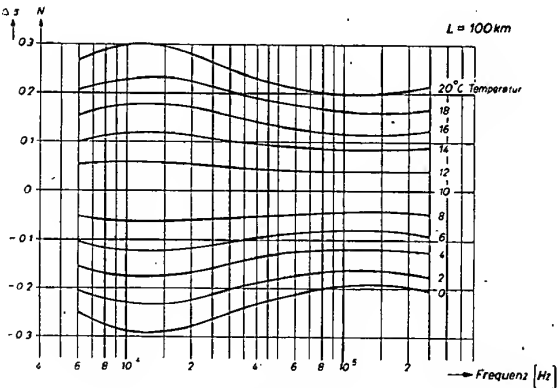


Bild 7 Entzerrerkurven eines Temperaturentzerrers für V 60-System

in einem festen Zusammenhang mit der Temperatur der Kabeladern. Man hat daher Temperaturentzerrer konstruiert, die, einstellbar auf eine bestimmte Kabellänge, von Hand oder automatisch nach der jeweiligen Temperatur geschaltet werden. Bild 7 zeigt die Kurvenschar eines solchen Entzerrers. Als Normaltemperatur ist $+10^{\circ}\text{C}$ angenommen, und der Entzerrer wird in Stufen von 2°C nachgestellt. Die maximale Änderung bei der Frequenz von etwa 12 kHz beträgt für 100 km rund $\pm 0,3$ N.

Bei koaxialen Kabeln wirkt sich eine Temperaturänderung nur so aus, als ob die Kabellänge größer oder

kleiner würde. Man braucht daher nur ein Netzwerk einzusetzen, das den gleichen Frequenzgang der Dämpfung hat wie der Leitungsentzerrer. Es wird so aufgebaut, daß es durch Verändern eines reellen Widerstandes gesteuert werden kann. Als veränderbarer Widerstand wird ein von dem Pilotstrom der Frequenz 4092 kHz beeinflusster Heißleiter eingesetzt. Alle diese Entzerrungsmittel können in größeren Abständen noch durch Systementzerrer ergänzt werden. Im Fall der Trägerfrequenzsysteme für koaxiale Leitungen ist ein weiterer automatischer Regler vorgesehen, der durch den zweiten Pilotstrom mit der Frequenz 60 kHz betätigt wird und Entzerrungsfehler selbsttätig korrigiert [7, 8].

Bild 8 zeigt ein Verstärkergestell für vierzehn V 60-Verstärker und einen Ersatzverstärker. Entsprechend dem oben Gesagten besteht jeder Verstärker aus einem Röhrenteil (rechts) und einem Reglerteil (links). Ein zentrales Schaltfeld läßt die Untersuchung und Auswechslung von Verstärkern zu. Daß Röhren- und Spannungsausfall signalisiert werden, braucht kaum besonders erwähnt zu werden.

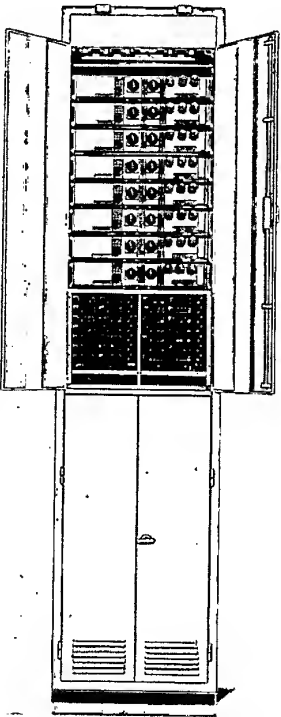


Bild 8 Verstärkergestell V 60-System

Der Verstärker für koaxiale Kabel ist ganz ähnlich aufgebaut. Der Röhrenteil eines solchen Gerätes ist in Bild 9 dargestellt. Der Verstärker ist ebenfalls dreistufig, dabei sind in jeder Stufe zwei Röhren parallelgeschaltet. Dieser Verstärker hat etwa die Ausmaße $24 \times 14 \times 12$ cm und verstärkt gleichzeitig die Ströme von 960 Gesprächen. Er umfaßt ein Frequenzband von 60...4028 kHz und überbrückt eine Regelfeldlänge von etwa 9,3 km.

Hier seien zur Röhrenfrage einige allgemeine Bemerkungen eingefügt. Während es gelungen ist, für die ganze oben geschilderte Technik der Endgeräte einschließlich des V 60-Zwischenverstärkers mit einem einzigen Röhrentyp, der C 3 m, auszukommen, mußte für solche Koaxialverstärker ein Spezialtyp hoher Steilheit, die C 3 g, geschaffen werden. Es ist interessant, die Möglichkeiten einer weiteren Verbreiterung des übertragenen Frequenzbandes zu betrachten. Mit zunehmender Frequenz nimmt die Dämpfung eines koaxialen Kabels nur mit der Wurzel aus der Frequenz zu. Bei gleicher Verstärkungshöhe für den einzelnen Verstärker brauchte man also bei einer

Verdopplung des Frequenzbandes, d. h. für die Übertragung der doppelten Gesprächszahl, eigentlich nur 1,4mal soviel Verstärker einzusetzen. Mit steigender Gesprächszahl steigen aber die Linearitätsforderungen an den Verstärker; die erreichbare Verstärkung je Stufe sowie die erzielbare Gegenkopplung dagegen sinken. Praktisch ergibt sich so ein etwa linearer Zusammenhang zwischen Verstärkerzahl und oberer Frequenzgrenze bis etwa 4 oder 5 MHz. Von da ab steigt die erforderliche Verstärkerzahl stärker als linear an. Bei einer Verdopplung der Verstärkerzahl würde man also nicht ganz eine Verdopplung des Frequenzbandes erreichen. Die heutige Röhrenentwicklung ist eifrig bemüht, dieser Tendenz entgegenzuwirken.

Die jetzt erreichten Regelfeldlängen von etwa 18 km für das V 60-System und 9 km für das V 960-System passen gut zueinander und fügen sich beide als ganz-zahlige Teile dem Verstärkerabstand von etwa 72 km ein, wie er für NF-Leitungen üblich ist.

Besondere Erwähnung verdienen noch die Einrichtungen, mit denen man Trägerfrequenzverstärker ohne Unterbrechung des Betriebes freischaltet. Für den V 60-Verstärker ist diese Einrichtung besonders einfach. Der Umschaltvorgang selbst spielt sich selbsttätig innerhalb einer Zeit von etwa 2 ms ab, so daß auch die Übertragung von Wechselstromtelegrafie nicht gestört wird. Die Buchsen und Stecker sind auf dem normalen zentralen Schaltfeld untergebracht, wie es auf Bild 8 zu sehen war. Die Einrichtung nimmt nur wenig Platz ein und schützt durch automatische Auslösung der Umschaltung vor Bedienungsfehlern. Beim Koaxialverstärker geben die Parallelröhren einen gewissen Schutz gegen Ausfall eines Verstärkers und geben die Möglichkeit, einzelne Röhren während des Betriebes zu prüfen. Natürlich werden auch hier Ersatzverstärker vorgesehen.

Man kann normalerweise die Zwischenämter unbemannt lassen und sie fernüberwachen. Die Fernüberwachungseinrichtungen melden in den unbemannten Ämtern eingetretene Störungen an die bemannten Ämter. Diese läßt man, wo angängig, mit bereits bestehen-

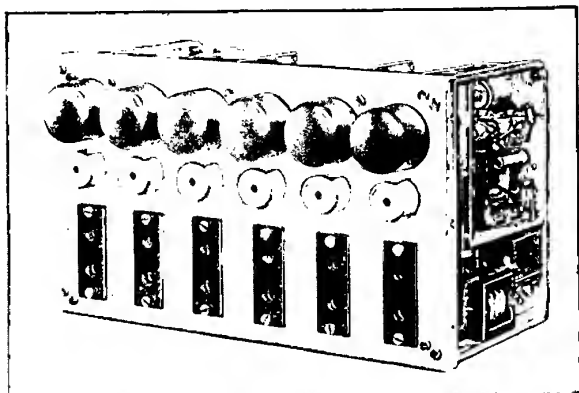


Bild 9 Verstärker V 960

den Verstärkerämtern zusammenfallen. Entsprechend dieser Planung werden mit einer Einrichtung von einem bemannten Amt aus, auf beide oder mehrere Seiten verteilt, bis zu zehn unbemannte Ämter überwacht.

Bild 10 zeigt eine solche Überwachungseinrichtung, wie sie in einem bemannten Amt aufgestellt wird. Durch Signallampen werden das meldende Amt und die Art der Störung gekennzeichnet. Die Ausrüstung für ein unbemanntes Amt besteht nur aus einer Relais- oder Wählerschiene.

Ein besonders wichtiges Problem bildet die Stromversorgung der unbemannten Ämter. Der geringe Stromverbrauch der modernen Verstärker macht eine Stromversorgung über das Fernkabel selbst möglich. Für

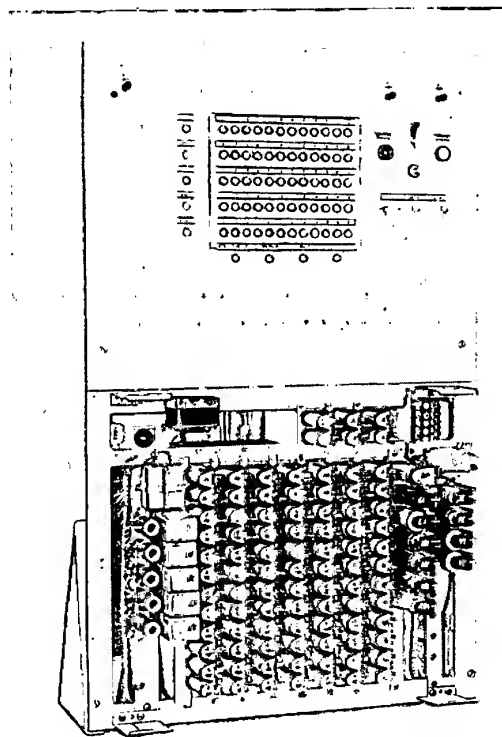


Bild 10 Fernüberwachungsgestell

koaxiale Kabelleitungen hat sich eine Wechselstromversorgung für mehrere Ämter in Reihe als günstig herausgestellt. Auch für symmetrische Kabel steht eine Wechselstromversorgung im Vordergrund, aber die Diskussion darüber, ob bei dieser Kabelart die Fernstromversorgung die gleiche wichtige Rolle spielt wie beim koaxialen Kabel, ist nicht abgeschlossen.

Schrifttum

- [1] C. M. Mapes: Carrier is King. Bell Telephone Magazine V 18 Winter 1949/50 Nr. 4 S. 203.
- [2] J. Schniedermann: Neue Fernsprechweitverkehrssysteme. Entwicklungsberichte der Siemens & Halske AG. 14, 1. Folge Januar 1951 S. 11—20.
- [3] H. F. Mayer u. E. Hölzler: Einige Entwicklungstendenzen in der Übertragung von Nachrichten. Entwicklungsberichte der Siemens & Halske AG. 14, 1. Folge Januar 1951 S. 1—6.
- [4] H. F. Mayer: Einige Ergebnisse aus der neueren Entwicklung der Trägerfrequenztelefonie. EFD 63. Folge Dezember 1943, Juli 1944 S. 67/75.
- [5] R. E. Crane, J. T. Dixon, G. H. Huber: Frequency Division Techniques for a Coaxial Cable Network. AIEE Transaction Vol. 66 November 1947 S. 1451—59.
- [6] W. Zerbel: Das deutsche Trägerfrequenzsystem V 60. FTZ Jg. 4 H. 5 Mai 1951 S. 193—201.
- [7] L. G. Abraham: Progress in Coaxial Telephone and Television Systems. AIEE Transaction V 67 part. II 1948 S. 1520—27.
- [8] Coaxial telephone and television L—1 System features. Bell Telephone System Technical Publication 1949 Monograph 1708.

Aussprache

Herr E. Hölzler, München: Zum Thema: „Symmetrische Kabel oder koaxiale Kabel“ ist es vielleicht interessant zu bemerken, wie man in Ländern mit vorwiegend koaxialer Technik die Aufgabe des Hinzufügens und Herausnehmens kleinerer Bündel löst. In Frankreich z. B. hat man für die koaxialen Vier-Tuben-Kabel nach CCIF als Beipack dünne koaxiale Leiter entwickelt, die den gleichen Raum wie symmetrische Leitungen einnehmen. Je 2 dieser dünnen koaxialen Leitungen werden mit 60 Kanälen, und zwar zwischen 60 und 300 kHz für den Nahverkehr in beiden Richtungen ausgenutzt. Auf

diese Weise kann man, auch wenn nur ein einziges Kabel vorliegt, Vierdrahtsysteme geringerer Kanalzahl verwirklichen, während die Technik der symmetrischen Leitungen 2 Kabel erfordert.

Herr G. Häßler, Stuttgart: Die entscheidende technische Frage beim Betrieb von Trägerfrequenzsystemen (wie V 60) auf symmetrischen Kabeln ist die Beherrschung des Nebensprechens, die beim Koaxialkabel einfacher ist. Liegen schon neben den vom Vortragenden mitgeteilten Versuchsergebnissen endgültige Erfahrungen über die Nebensprechverhältnisse der aus Kabel und Apparaten zusammengesetzten Strecke vor?

Vortragender: Beim Nebensprechproblem treten zwei Aufgaben auf. Man muß sowohl das Nebensprechen in den Kabeln wie in den Verstärkerämtern (Amtsverdrahtung und Verstärker) genügend klein halten. Die Anforderungen für den Mindestwert des Fernnebenschens beim Kabel beträgt nach den neuesten Absprachen mit der deutschen Post 8,2 N. Wie die Messungen gezeigt haben, lassen sich in den Ämtern für die Nebensprechdämpfung Werte von 10 N und mehr erreichen, so daß der Anteil der Ämter klein bleibt. Messungen an Zusammenschaltung von Kabel und Verstärkeramt haben das bestätigt.

Eindringen der Trägerfrequenztechnik in die Fernsprechnetzgruppe

Von P. Oehlen

1. Allgemeine Entwicklungstendenzen der Nachrichtentechnik

In einer Zeit, in der sich auf allen Gebieten der Nachrichtentechnik große Änderungen bemerkbar machen, liegt die Frage nahe, welche allgemeinen Ursachen oder Tendenzen diesen Änderungen zugrunde liegen. Wir können diese Frage ziemlich eindeutig beantworten. Es ist grundsätzlich der Übergang vom Rohstoffaufwand zum Arbeitsaufwand, d. h. in der Drahtnachrichten-

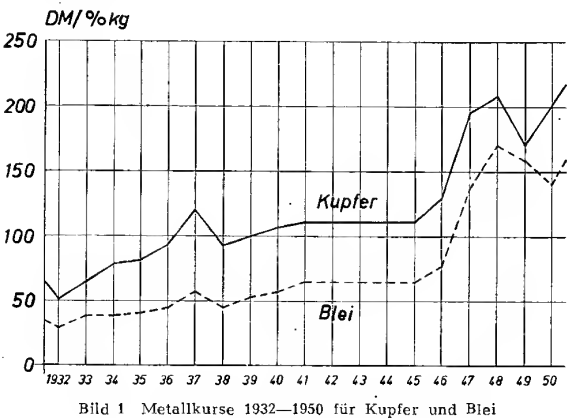


Bild 1 Metallkurse 1932—1950 für Kupfer und Blei

technik vom Leitungsaufwand zum Apparateaufwand, der die technische Weiterentwicklung bestimmt. Die Erzeugung von Rohstoffen hat in den letzten Jahrzehnten die stetige Tendenz zur Verteuerung, wie Bild 1 für die in der Nachrichtentechnik vorzugsweise gebrauchten Rohstoffe Kupfer und Blei zeigt. Beide Rohstoffe weisen seit etwa 1930 — selbstverständlich mit einigen Schwankungen — ständig ansteigende Preise auf dem Weltmarkt auf. Betrachtet man weiterhin die Gesamtproduktion dieser Rohstoffe im Verhältnis zur Größe der Bevölkerung in den wichtigsten Wirtschaftsländern, so stellt man fest, daß die Erzeugung je Kopf der Bevölkerung — ebenfalls eindeutig — eine fallende Tendenz hat. Zum Beispiel betrug die Bevölkerungszunahme 1920 ... 1940 in den

wichtigsten Wirtschaftsländern 1 % jährlich, während die jährliche Kupferproduktion, bezogen auf die sicher überdurchschnittlichen Jahre 1939 ... 1948, nur um etwa 0,6 % pro Jahr zunahm. Noch ungünstiger sieht es mit der Erzeugung von Blei aus, die in der Zeitspanne von 1930 ... 1947 sogar um 14 % gefallen ist. Man kann also allgemein feststellen, daß mit fortschreitender Zeit je Kopf der Bevölkerung immer weniger Rohstoffe wie Kupfer und Blei zur Verfügung stehen.

Diese allgemeine Ursache hat in der elektrischen Nachrichtentechnik auf die Trägerfrequenzverfahren zur Mehrfachausnutzung von Leitungen geführt. Die Trägerfrequenztechnik blieb jedoch zunächst auf den Fernsprechweitverkehr beschränkt, weil eine höhere Wirtschaftlichkeit der Trägerfrequenzverbindungen gegenüber den bis dahin ausschließlich benutzten Niederfrequenz-

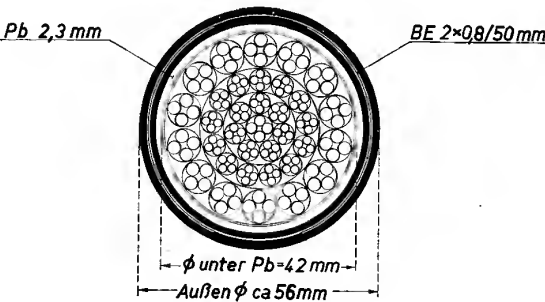


Bild 3 Querschnitt eines 70paarigen Bezirkskabels

verbindungen erst bei größeren Entfernungen eintrat; bei dem zuerst eingeführten Trägerfrequenzsystem für Fernkabel, dem Zweibandsystem, betrug diese Entfernungsgrenze seinerzeit etwa 300 ... 350 km. Ähnliches galt für die in der Folgezeit geschaffenen Trägerfrequenz-Mehrfachsysteme, z. B. die Zwölfbandsysteme für unbespulte Kabelleitungen. Die Sprachübertragung in den Ausläufern des Weitverkehrsnetzes, d. h. in den Bezirks- und Netzgruppenkabelleitungen, erfolgte dagegen bislang ausschließlich nach den Verfahren der reinen Niederfrequenztechnik. Auch die erste Planung neuer Netzgruppen nach dem Kriege, wie sie in Bild 2 unter Angabe mittlerer Leitungslängen und einiger Werte für die vorgesehenen Höchstdämpfungen angedeutet ist, ging von dieser Sachlage aus. Bild 3 gibt ein Beispiel für den Querschnitt eines neueren Bezirkskabels mit 70 Doppeladern. Die Aderzahl liegt bei den dünnsten vorgesehenen Kabeln in der Größenordnung von etwa 40 Doppeladern, während in Bezirken besonders starken Sprechverkehrs Kabel mit 200 Doppeladern keine Seltenheit sind. Die vorkommenden Leitungslängen, z. B. auf der Strecke Hauptamt—Knotenamt, in Bild 2 im Mittel mit 35 km angegeben, verteilen sich nach der Summen-

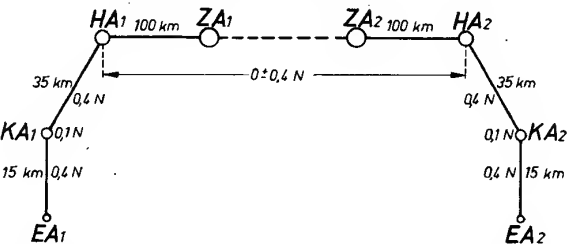


Bild 2 Verbindung zwischen zwei Endämtern nach dem deutschen Netzplan

häufigkeitskurve in Bild 4 auf Werte von weniger als 10 km bis auf 60 km — dieser Wert wird in 96% aller Fälle nicht überschritten — und in einigen wenigen Fällen sogar bis auf etwa 100 km. Sie sind also durchweg kleiner als die Längen der Weitverkehrsleitungen.

2. Gründe für das Eindringen der Tf-Technik in die Fernsprechnetzgruppe

Gegenwärtig befinden wir uns in einem Stadium, in dem die Trägerfrequenztechnik beginnt, über den Bereich des eigentlichen Fernnetzes hinaus auch in die Bezirksnetze, d. h. in die Fernsprechnetzgruppen, einzudringen. Die Anwendung von Trägerfrequenzverbindungen in der Fernsprechnetzgruppe, und zwar auf der Strecke Hauptamt—Knotenamt, die an die eigentliche Weitverkehrsleitung anschließt, bietet zunächst übertragungstechnisch den großen Vorteil, daß die Vierdrahtsprechwege des Fernnetzes bis zu den Knotenämtern vorgezogen werden können (Bild 5), wodurch sich die Gesamtbezugsdämpfungen zwischen zwei beliebigen Sprechstellen verringern und die noch verbleibenden Niederfrequenzsprechwege in den Netzgruppen verbilligen lassen. Man erkennt aus den in Bild 5 eingetragenen Dämpfungszahlen, daß man die Strecke Hauptamt—Knotenamt einschließlich der Knotenamtschaltung praktisch vollkommen entdämpfen kann und somit in einer Verbindung $2 \cdot 0,5 = 1$ n an Dämpfung gewinnt. Von diesem Betrage können beispielsweise 0,6 Neper benutzt werden, um die Bezugsdämpfung von

Kostenunterschied zwischen Niederfrequenzkabel und Trägerfrequenzkabel gerade gleich den Kosten der einzusetzenden Tf-Einrichtungen geworden sind. Dabei müssen selbstverständlich die erhöhten Aufwendungen an Betriebs- und Unterhaltungskosten berücksichtigt werden, die ein Tf-Sprechweg gegenüber einem Nf-Sprechweg erfordert. In dem dargestellten Beispiel liegt diese Längengrenze bei etwa 25 km. Dies bedeutet, daß bei größeren Entfernungen die Tf-Verbindungen billiger

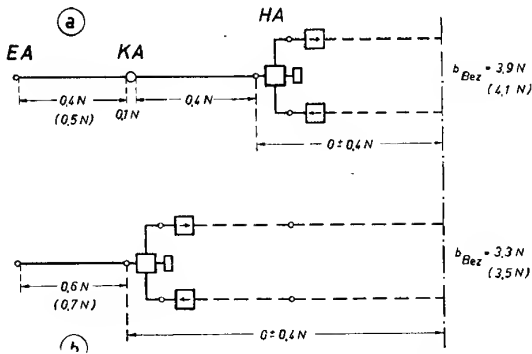


Bild 5 Dämpfungsverhältnisse einer Weitverbindung
a) Vierdrahtleitung bis zum HA
b) Vierdrahtleitung bis zum KA

als die Nf-Verbindungen werden, so daß man zu den oben erwähnten übertragungstechnischen Vorteilen noch wirtschaftliche Vorteile erhält. Bemerkt sei, daß bei diesen Ergebnissen nicht die wahrscheinlich stark erhöhten Rohstoffpreise der letzten Zeit zugrundegelegt worden sind, sondern die Preise in der ersten Hälfte des vorigen Jahres; unter Annahme der heutigen Preisverhältnisse würde sich die Wirtschaftlichkeit noch stärker zugunsten der Tf-Sprechwege verschieben.

Eine noch wesentlich höhere Wirtschaftlichkeit ergibt sich, wenn auf einer Strecke Hauptamt—Knotenamt keine neuen Trägerfrequenzkabel verlegt zu werden brauchen, sondern auf bereits vorhandene Pupinkabel zurückgegriffen werden kann, deren Leitungen teilweise entspult werden können. Die Entspulung solcher bestehenden Kabelleitungen erfordert, wenn man wiederum das Beispiel von Bild 6 zugrunde legt, vielleicht nur ein Zehntel der Kosten eines neuen Tf-Kabels, so daß sich die Längengrenze, von der ab Tf-Systeme wirtschaftlicher als Nf-Systeme werden, noch weiter nach unten verschiebt. In unserem Beispiel kommt man auf Längen von 17 ... 18 km.

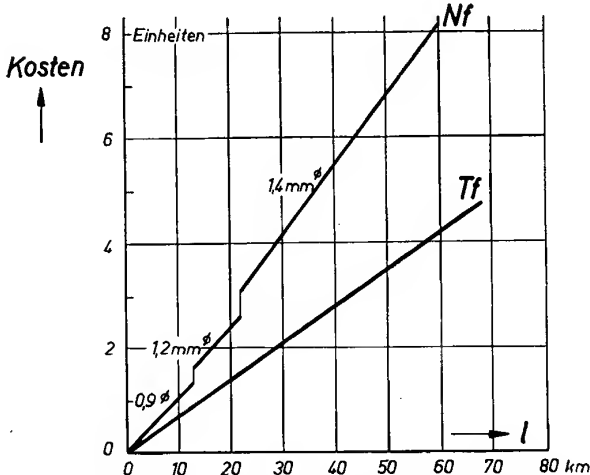


Bild 6 Kosten von Nf- und Tf-Kabeln als Funktion der Kabellänge; 42 Sprechwege

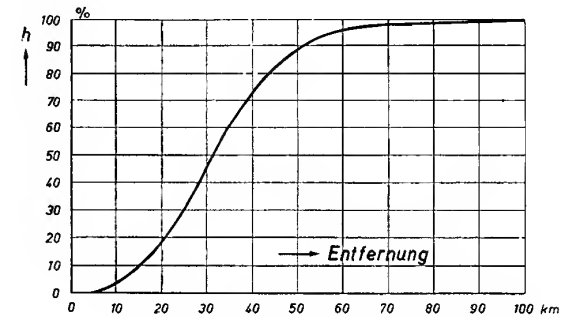


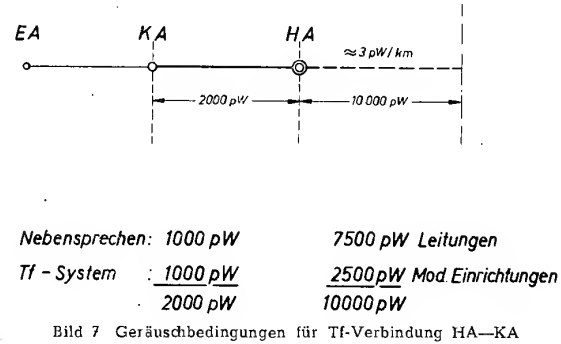
Bild 4 Summenhäufigkeit h der Entfernung HA—KA im Netz der Deutschen Bundespost

dem bisherigen Wert 3,9 Neper auf 3,3 Neper zu senken, während die restlichen 0,4 Neper etwa dazu dienen können, auf der Strecke Endamt—Knotenamt die Dämpfung um 0,2 Neper zu verringern. Hierdurch wird es möglich, entweder bei gegebenem Aderdurchmesser größere Entfernungen zu überbrücken oder bei gegebener Entfernung den Aderdurchmesser zu verringern und damit Kosten zu sparen.

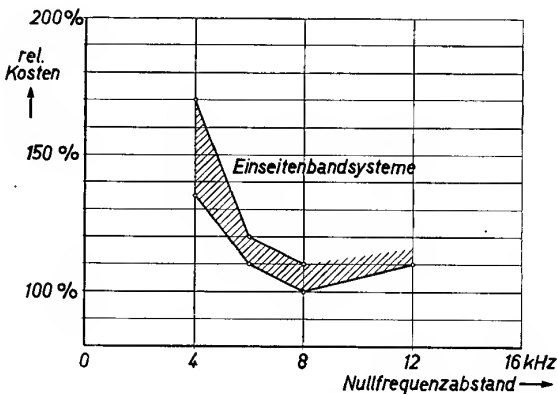
Daß die Ausführung neuer Netzgruppenleitungen als Trägerfrequenzverbindungen heute auch bei den genannten kurzen Längen, verglichen mit reinen Niederfrequenzverbindungen, wirtschaftlich ist, rührt von dem oben erwähnten dauernden Anstieg der Rohstoffpreise (insbesondere für Kupfer und Blei) und der Herabsetzung der Gerätekosten her, die in der neueren Zeit durch Verbesserung der Fabrikationsmethoden und Fortschritte in der Herstellung von Einzelteilen — trotz gewisser Lohnerhöhungen — möglich geworden ist. In Bild 6 findet man in Abhängigkeit von der Leitungslänge die Kosten für ein Niederfrequenzkabel bestimmten Fassungsvermögens (42 Sprechwege) und für ein Trägerfrequenzkabel dargestellt, das unter Annahme eines bestimmten Trägerfrequenzsystems — Ausnutzung einer Doppelader durch sechs Tf-Sprechwege — etwa dasselbe Fassungsvermögen an Sprechwegen aufweist. Man erkennt, daß Tf-Verbindungen bis zu solchen Leitungslängen herab wirtschaftlich sind, bei denen der

3. Übertragungstechnische Bedingungen für Tf-Sprechwege in der Netzgruppe

Bei Festlegung der rechnerischen Bedingungen für Trägerfrequenzsprechwege in den Netzgruppen wird man von dem allgemeinen Grundsatz ausgehen, daß die neuen Tf-Sprechwege nicht schlechter als die bisherigen Niederfrequenzsprechwege sein sollen. Wir haben oben (vgl. Bild 5) schon gesehen, daß hinsichtlich der Dämpfung die Tf-Sprechwege wesentlich besser sind, weil sie eine vollständige Entdämpfung der Leitungsstrecke Hauptamt—Knotenamt gestatten. Hinsichtlich der Dämpfungsverzerrung, der Laufzeit und der Laufzeitverzerrung ist es durch passende Ausgestaltung der Tf-Endgeräte mög-



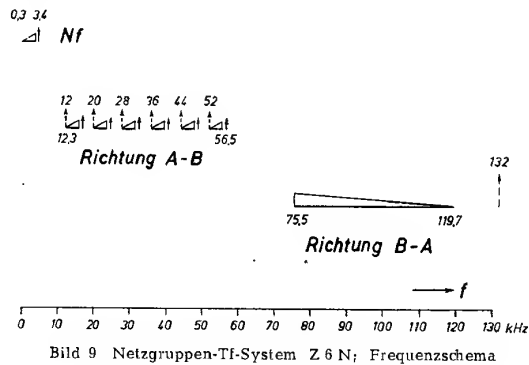
lich, sich den entsprechenden Eigenschaften von pupinierten Niederfrequenzleitungen anzugleichen. Eine besondere Betrachtung verdienen die Geräuschbedingungen, weil sie bei der Bemessung der Tf-Geräte und -Systeme sowie bei der Festlegung der zulässigen Verstärkerabstände eine ausschlaggebende Rolle spielen. In den Empfehlungen des CCIF finden sich für die zulässigen Geräusche in der Netzgruppe keine bestimmten Zahlen; es ist lediglich gesagt, daß die Netzgruppenleitungen die auf der Fernleitungsstrecke einfallenden Geräusche nicht wesentlich erhöhen sollen. Was bedeutet dies in unserem Fall? In Bild 7 ist schematisch die Hälfte einer Fernsprechverbindung über Netzgruppen- und Weitverkehrsleitungen dargestellt. Für die Weitverkehrsleitung findet sich in den neuesten Vorschlägen des CCIF die Angabe, daß die Geräuschleistung an einem Punkt des relativen Pegels 0 N 10 000 pW betragen darf (ein Rechnen mit Geräuschleistungen ist zweckmäßig, weil sich diese in aufeinanderfolgenden Abschnitten unmittelbar algebraisch addieren, während beim Rechnen mit Geräuschspannungen eine quadratische Addition notwendig ist). Diese 10 000 pW sollen nach dem Vorschlag zu 7500 pW auf die Leitungen und zu 2500 pW auf die Modulationseinrichtungen aufgeteilt



werden. Da für die Weitverkehrsleitung eine maximale Länge von 2500 km angenommen wird, ergeben sich pro Kilometer Leitungslänge etwa 3 pW Geräuschleistung. Als eine nicht wesentliche Erhöhung dieser Geräuschleistung durch eine Tf-Verbindung kann man den Bruchteil von 20% je Netzgruppenleitung (d. h. von etwa 10%, bezogen auf die Geräuschspannung) ansehen. Dies macht 2000 pW, die beispielsweise in 1000 pW für die durch Nebensprechen entstehenden Geräuschanteile und in 1000 pW für die durch das Tf-System bedingten Anteile aufgeteilt werden können. Daß für das Nebensprechen hier ein ziemlich großer Anteil zugelassen werden muß, ist eine Folge der Nebensprecheigenschaften entspulter alter Kabelleitungen, die etwas ungünstiger sind, als bei neuen, speziell für Trägerfrequenzausnutzung gebauten Kabeln. Die für das Tf-System verbleibenden 1000 pW können wiederum auf Leitungs- und Endgerätebeitrag aufgeteilt werden, wobei man für die Leitung bei maximalen Längen von 100 km etwa $100 \cdot 3 = 300$ pW anzusetzen hätte. Man muß mit diesen Zahlen für die Endgeräte also einen Geräuschabstand in der Größenordnung von 8 Neper fordern. Für die Verstärkerfeldlängen ergeben sich Werte von 30...35 km, wenn man die Dämpfungen üblicher entspulter Leitungen zugrunde legt.

4. Beispiel für die praktische Ausführung eines Netzgruppen-Tf-Systems

In Abschnitt 2 ist gezeigt worden, daß — im Gegensatz zu den Weitverkehrssystemen — die Verbilligung der Tf-Endgeräte einen erheblichen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit der Netzgruppenverbindungen, speziell auf die kleinsten für Tf-Einsatz in Frage kommenden Längen hat. Eine solche Verbilligung ist zunächst dadurch



zu erzielen, daß man beim Aufbau des Systems alles wegläßt, was zwar für Weitverkehrssysteme notwendig ist, bei Netzgruppensystemen jedoch nicht benötigt wird. Hierzu gehören z. B. Einrichtungen zur Pegelregelung, gewisse Gruppenumsetzer und Teile der Trägerstromversorgung und dergl. Weiterhin lassen sich erhebliche Vereinfachungen an den Filtern, die einen großen Anteil des Kostenaufwandes verursachen, treffen, wenn man den Nullfrequenzabstand der Tf-Kanäle größer als 4 kHz wählt. Schließlich sind noch durch konstruktive Vereinfachungen Ersparnisse gegenüber den Weitverkehrssystemen zu erzielen. Von den verschiedenen Möglichkeiten, die sich insgesamt für die Verwirklichung eines Netzgruppen-Tf-Systems ergeben, hat die Deutsche Bundespost ein Einseitenbandsystem mit 8 kHz Nullfrequenzabstand für Zweidrahteinsatz gewählt, weil dieses für ihre Zwecke am besten geeignet ist. Bei einem solchen System erhält man, wie Bild 8 zeigt, ein Minimum für die Kosten der Endgeräte. Bei kleinerem Nullfrequenzabstand werden die Filterkosten höher; bei größerem Nullfrequenzabstand tritt ebenfalls ein Kostenanstieg auf, weil der Aufwandsanteil der mehreren

Kanälen gemeinsamen Übertragungssteile, z.B. Gruppenumsetzer, Verstärker, Weichen usw. dann stark ins Gewicht fällt. Der in Bild 8 schraffiert angedeutete Bereich umfaßt verschiedene Realisierungsmöglichkeiten von Einseitenbandsystemen. Das Frequenzschema des zunächst von der Deutschen Bundespost für Einsatz auf entspulten Kabelleitungen gewählten Trägerfrequenzsystems ist aus Bild 9 zu ersehen¹⁾. Die Bandbreite des Niederfrequenzkanals beträgt, wie bei allen neuzeitlichen Sprechwegen, 0,3...3,4 kHz. Die Leitungen werden im Frequenzbereich bis etwa 120 kHz ausgenutzt und gestatten dabei die Bildung von sechs Sprechkanälen

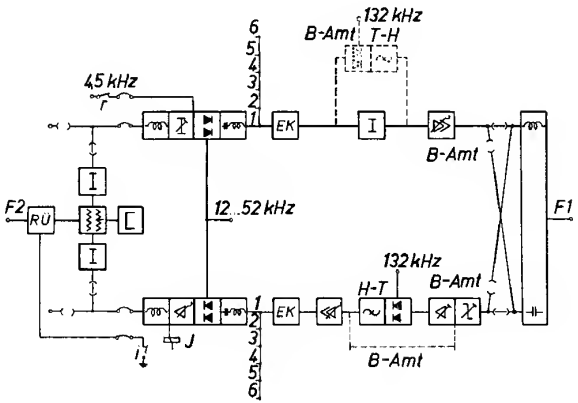


Bild 10 Netzgruppen-Tf-System Z 6 N; Blockscheema der Endstelle A

in beiden Übertragungsrichtungen. Die Übertragungsgruppe A—B umfaßt den Frequenzbereich von etwa 12...56 kHz, die Übertragungsgruppe B—A den Bereich von etwa 75...120 kHz. Die Sprechströme werden zunächst durch direkte Modulation in die Frequenzlage der unteren Gruppe gebracht und so in der Richtung A—B unmittelbar übertragen. Für die Übertragung in Richtung B—A dient eine zweite Umsetzerstufe, der Richtungsumsetzer, der mit der Trägerfrequenz von 132 kHz²⁾ arbeitet und die Frequenz der Sprechströme von sechs Kanälen in die Übertragungslage von etwa 75...120 kHz bringt. Es sei darauf hingewiesen, daß dieses Frequenzschema unter Beibehaltung der ersten Übertragungsgruppe auch geeignet ist, Zwölfachsensysteme zur Ausnutzung von Kabelleitungen im Bereich bis etwa 240 kHz³⁾ zu bilden. Dies hat den Vorteil, daß man für ein solches System die Kanalumsetzer, die den Hauptteil der Kosten ausmachen, ungeändert beibehalten kann und lediglich einige Gruppenumsetzungen neu hinzufügen muß.

Bild 10 gibt ein Beispiel, wie man ein System mit dem genannten Frequenzschema praktisch aufbauen kann. Die niederfrequenten Sprechströme werden über einen Tiefpaß und einen Regler dem Modulator zugeführt, der je nach der Nummer des Kanals mit den Trägerfrequenzen 12, 20... oder 52 kHz versorgt wird⁴⁾. Am Ausgang des Modulators befindet sich zur Ausbiebung von Träger und ungewünschtem Seitenband ein Bandpaßfilter. Bei einem A-Amt folgt dann über die notwendigen Entkopplungseinrichtungen usw. der Sendeverstärker, dessen Ausgang mit dem Eingang des Gruppenumsetzers verbunden ist. Über ein Bandfilter geht es weiter zu einem zweistufigen Verstärker und von da über Entkoppler, Bandpaßfilter zum Kanalumsetzer mit anschließendem Kanalverstärker und Tiefpaß. Links in Bild 10 sind Gabel mit Nachbildung und Relaisübertragung dargestellt. Zur

1) Die Frequenzbereiche sind inzwischen geändert worden in etwa 6...50 kHz (Kehrlage) und 64...108 kHz (Regellage).
2) Nach Änderung des Frequenzschemas 114 kHz.
3) Neuerdings 230 kHz.
4) In der endgültigen Ausführung werden die Kanäle der oberen Frequenzbandgruppe mit einstufiger Modulation gebildet.

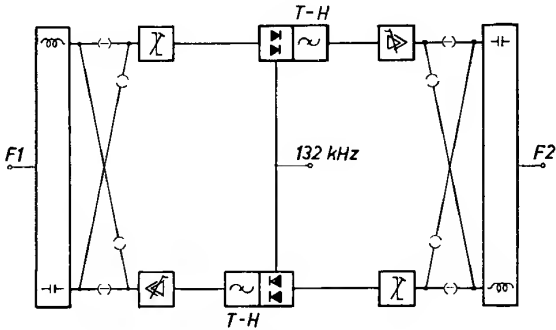


Bild 11 Netzgruppen-Tf-System Z 6 N; Blockscheema eines Zwischenverstärkers (T—H)

Signalübertragung dient in diesem Beispiel eine Niederfrequenzspannung von 4,5 kHz⁵⁾, die im Sendeteil vor dem Kanalumsetzer angekoppelt wird, während sie im Empfangsteil hinter dem Kanalverstärker entnommen und über Gleichrichter dem Empfangsrelais J zugeführt wird. Zur Umwandlung des A-Amtes in ein B-Amt sind die im Bild angedeutete Umschaltung und eine Vertauschung des Richtungsumsetzers notwendig.

Für die Zwischenverstärker, die bei größeren Leitungslängen benötigt werden, ist von der Deutschen Bundespost ein Arbeiten mit Gruppentausch gefordert worden. Ein solcher Gruppentausch bedeutet, daß die Fernsprechströme der unteren Frequenzbandgruppe, die zu dem Zwischenverstärker gelangen, am Ausgang in der Frequenzlage der oberen Übertragungsgruppe auftreten. Man vermeidet dadurch in den Tf-Zwischenverstärkern schädliche Kopplungen über durchlaufende Niederfrequenzleitungen, die zur Selbsterregung oder zu indirektem Nebensprechen führen können. Bild 11 zeigt schematisch ein Beispiel für den Aufbau eines solchen Verstärkers mit Gruppentausch.

An die konstruktive Ausgestaltung von Tf-Einrichtungen, die entsprechend ihrer Verwendung in der Netzgruppe zum Teil in Wählerämtern aufgestellt werden,

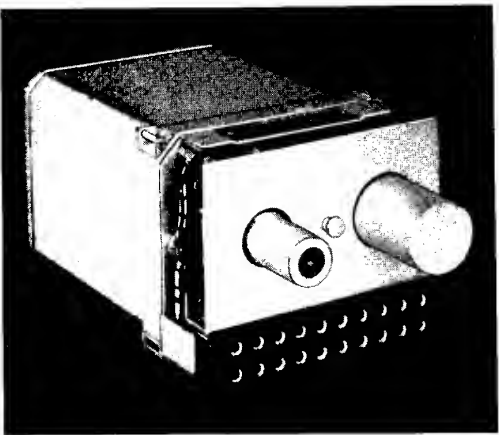


Bild 12 Netzgruppen-Tf-System; Kanalumsetzer-Einschub

müssen teilweise andere Anforderungen gestellt werden als an die Weitverkehrsgeräte, die in Verstärkerämtern untergebracht und laufend von geschultem Personal beobachtet werden. Man wird hier vor allem die Bedingungen stellen müssen, daß verhältnismäßig kleine Einheiten geschaffen werden, die auch durch weniger geschultes Personal leicht auswechselbar sind. Ein Beispiel für eine derartige Konstruktion ist in Bild 12 gezeigt, wobei jedoch bemerkt werden soll, daß es sich

5) Endgültig sind 4,0 kHz gewählt worden.

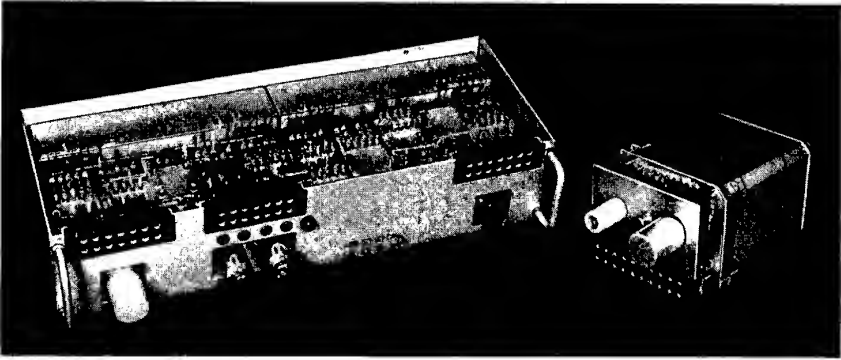


Bild 13 Größenvergleich Kanalumsetzer für V 60-System und Netzgruppen-Tf-System

Verstärkergestell sich die Sende- und Empfangsverstärker, die Weichen, die Gruppenumsetzer und die Einrichtungen der zentralen Trägerstromversorgung befinden. Zwei solcher Gestelle, je in einem Knotenamt und einem Hauptamt untergebracht, ermöglichen also beispielsweise, über acht entspulte Viererseile eines vorhandenen Pupinkabels 80 bzw. 72 zusätzliche Sprechwege — je nachdem, ob es sich um ein Sternkabel oder ein DM-Kabel handelt — zu bilden.

hierbei nicht um eine endgültige Ausführungsform handelt. Der dargestellte Bauteil umfaßt alle Einrichtungen, die für die Kanalumsetzung notwendig sind, einschließlich des für die Signalübertragung benutzten Empfangsrelais. Der Einschub kann in ein Gestell eingesetzt und durch eine Reihe von Steckern mit der Gestellverdrahtung verbunden werden. Durch konstruktive Maßnahmen und Weglassung aller für den Netzgruppenbetrieb nicht benötigten Teile, die sonst in Weitverkehrs-Endgeräten enthalten sind, ist eine sehr gedrängte Bauart entstanden, wie durch Vergleich mit einem Kanalumsetzer eines Weitverkehrssystems (für 60fach-Ausnutzung einer Doppelader) festzustellen ist (Bild 13). Diese gedrängte Bauart ermöglicht es, 96 solcher Einheiten in einem Gestell normaler Abmessungen unterzubringen. Um ein Bild von dem gestellmäßigen Gesamtaufwand für die neuen Netzgruppen-Tf-Systeme zu geben, ist in Bild 14 ein Beispiel gezeigt. Rechts befindet sich ein Gestell, das die Kanalumsetzer für maximal 96 Sprechwege aufzunehmen gestattet, während in dem links gezeichneten

5. Schlußbemerkungen

Von den zahlreichen Problemen, die die Anwendung der Trägerfrequenztechnik in einem bisher der reinen Niederfrequenztechnik vorbehaltenen Bereich mit sich bringt, konnte in diesem Vortrage so gut wie nichts gesagt werden. Hingewiesen sei lediglich noch auf die für den Betrieb neuartige Tatsache, daß wir mit den Netzgruppen-Tf-Geräten in den Wählerämtern auch elektronische Einrichtungen antreffen werden, mit denen sich das Wähleramtspersonal künftig wird anfreunden müssen.

Zum Schluß möchte ich noch hervorheben, daß die Einführung der Trägerfrequenztechnik in die Fernsprechnetzgruppe für die ganze Fernsprechnetztechnik einen mindestens ebenso großen Einschnitt bedeutet, wie seinerzeit die Einführung der Trägerfrequenzsysteme in die Weitverkehrstechnik.

Aussprache

Herr Häbler, Stuttgart: Der Herr Vortragende hat als Beispiel für die technische Ausführung eines Kurzstreckensystems ein Gerät nach dem Einseitenbandprinzip, jedoch mit vergrößertem Trägerabstand geschildert. Als Ergänzung hierzu seien einige Angaben über ein anderes Sechskanalgerät für den gleichen Anwendungszweck gemacht. Bei ihm werden der Träger mit beiden Seitenbändern übertragen. Bei einem Betriebsversuch im Netz der Deutschen Bundespost wurden sehr gute Resultate erzielt.

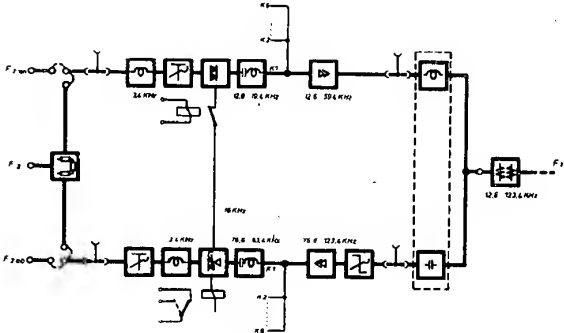


Bild 15 TF-System Z 6 K (Übersicht)

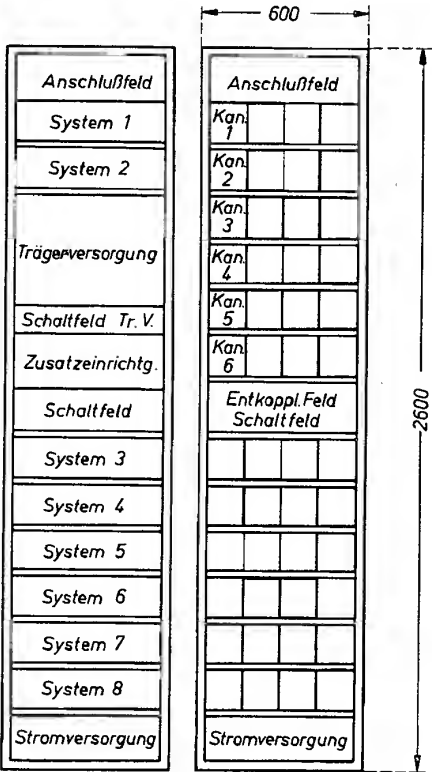


Bild 14 Netzgruppen-Tf-System Z 6 N; Verstärkergestell und Kanalumsetzergestell

Auf die Gründe, die zur Wahl des einen oder anderen Übertragungsprinzips führen mögen, soll hier im einzelnen nicht eingegangen werden. Die Zahl der zwischen zwei Orten einzurichtenden Sprechwege spielt dabei eine entscheidende Rolle; besonders wenn ihre Zahl beschränkt ist (z. B. unter 30), ergibt das Zwei-seitenbandsystem eine wirtschaftlich optimale Lösung.

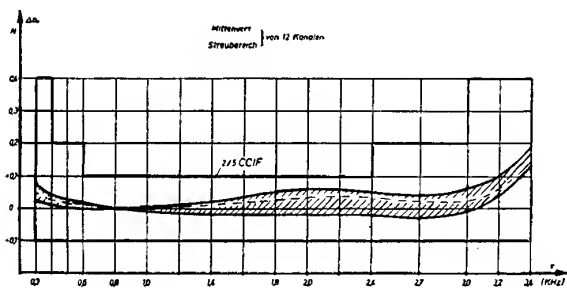


Bild 16 TF-System Z 6 K (Restdämpfung)

An dem Blockscha, Bild 15, ist erwähnenswert, daß infolge der bei einem System mit übertragenem Träger um mehr als eine Größenordnung geringeren Anforderungen an die Konstanz der Trägerfrequenzen die Trägerversorgung ohne zusätzlichen Aufwand an Röhren für jede 6-Kanal-Endstelle individuell vorgesehen werden konnte. Der Träger jedes Kanals wird dabei durch eine Rückkopplungsschaltung in der zur Verstärkung des empfangenen Trägers ohnehin vorhandenen Röhre gleichzeitig erzeugt. Demzufolge ergibt sich unabhängig von der Zahl der installierten Kanäle eine Röhrenanzahl von nur 3,3 je Kanal für beide Endstellen zusammen. Der prinzipielle Aufbau im einzelnen und das Frequenzschema ist aus Bild 15 zu ersehen. Die Übertragung von Ruf-, Wähl- und Zählimpulsen erfolgt mit Hilfe des Trägers, ebenso die Dauerüberwachung der Verbindung.

Bild 16 zeigt Mittelwertskurve und Streubereich des an 12 Kanälen gemessenen Frequenzganges; die vorgesehene Toleranz von $\frac{2}{3}$ des CCI-Wertes wird kaum zur Hälfte ausgenutzt. Das Gesamtgeräusch im obersten Kanal einer

Verbindung mit 8,5 N Leitungsdämpfung wurde zu 0,65 mV am relativen Pegel $-0,8$ N bestimmt. Damit entsprechen auch die Übertragungseigenschaften dieses einfachen Geräts den Forderungen, die innerhalb eines

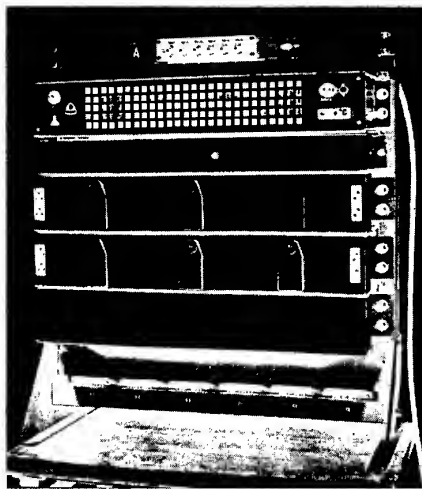


Bild 17 TF-System Z 6 K (Endstelle)

modernen Netzplanes an ein Übertragungssystem für die Netzausläufer gestellt werden müssen.

Bild 17 zeigt schließlich eine Ansicht der Versuchsausführung des vollständigen 6-Kanal-Geräts einschließlich Netzanschluß und der Einrichtungen für Rufübertragung.

Neuartige Isolierung für Fernsprech-, Tf- und Hf-Kabel und -Leitungen

Von F. Heitzmann

Die Entwicklung des konstruktiven Aufbaues der für Fernsprechkabel verwendeten isolierten Ader ist einmal gekennzeichnet durch das Streben nach möglichst großer Genauigkeit hinsichtlich der geometrischen Abmessungen der fertigen Ader und zum anderen durch das Verlangen, die Kapazität der Ader bei geringstem Außendurchmesser so niedrig wie möglich zu halten. Die letzte Forderung heißt anders ausgedrückt: Die Dielektrizitätskonstante der für die Ader benutzten Isolierung möglichst an die theoretisch günstigste, nämlich der von Luft, $\epsilon = 1,0$, heranzubringen. Beide Gesichtspunkte gelten nicht nur für die Isolierung der Adern von Fernsprechkabeln, sondern auch für die Isolierung von Hochfrequenzleitungen und -kabeln, solange bei diesen nicht andere Erwägungen, wie z. B. Spannungsfestigkeit, eine übergeordnete Rolle spielen.

Im Laufe dieser Entwicklung wurden vor allem auf dem Gebiet der Hochfrequenzleitungen und -kabel die verschiedensten Vorschläge gemacht, um besonders die Forderung nach der kleinsten Dielektrizitätskonstante zu erfüllen. Es sei hier nur an die Isolierungen mit Perlen und Scheiben der eigenartigsten Formen aus keramischen und synthetischen Stoffen, an das Fadenkabel und an die mit Styroflexfäden und -bändern isolierten Leitungen und Kabel erinnert. Die niedrigste Dielektrizitätskonstante von 1,12 wurde dabei vom Fadenkabel erreicht, das jedoch wegen der überaus labilen Lage des Innenleiters keinen größeren Anwendungsbereich fand.

Seit vielen Jahren ist bekannt, daß sowohl die Dielektrizitätskonstante als auch der Verlustwinkel von porösen Isolierstoffen sehr kleine Werte erreichen können. Diese hängen von der Zahl und der Größe der

Poren und von den dielektrischen Eigenschaften des für den porösen Stoff verwendeten festen Ausgangsmaterials ab. Desgleichen wurden seit einer Reihe von Jahren verschiedene Versuche unternommen, um derartige poröse Stoffe, Schaumstoffe, für die Isolierung von Kabeln zu benutzen. Die Anwendung in größerem Ausmaße in der Kabeltechnik scheiterte jedoch daran, daß es nicht gelang, Schaumstoffe in einer Form herzustellen bzw. in eine Form zu bringen, die es gestattete, sie auf den normalen Kabelmaschinen zu verarbeiten.

Innerhalb eines Kabels müssen die einmal für die Leiterabstände zugrunde gelegten Abmessungen für immer eingehalten werden. Dies gilt auch für den Fall, daß die Isolierung während der Fertigung und Verlegung kurzzeitigen und in gekrümmten Strecken dauernden, durch Biegungen hervorgerufenen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt wird. Deshalb kommen für die Isolierung der Adern von Fernsprechkabeln und für eine Anzahl von Hochfrequenzkabeltypen nur Schaumstoffe in Frage, die aus festen, möglichst unelastischen Grundstoffen bestehen. Die dielektrischen und die übrigen mechanischen Eigenschaften der Schaumstoffe müssen so gut sein, daß deren Einsatz einen technischen und wirtschaftlichen Anreiz bietet. Außer einer genügenden mechanischen Festigkeit müssen daher das spezifische Gewicht und die Dielektrizitätskonstante so günstig sein, daß Schaumstoffe gegenüber dem bisher in der Fernsprechkabeltechnik allgemein benutzten Rohstoff Papier in Wettbewerb treten können.

E. Fischer [1] bezeichnete bereits 1938 das Polystyrol als das Material, das von allen festen Stoffen am besten für die Fernsprech- und Hochfrequenzkabeltechnik

geeignet ist. Dies trifft noch mehr auf den daraus hergestellten Polystyrolschaum zu. Außer diesem sind jedoch auch Schaumstoffe aus anderen Kunstharzen, wie z. B. Igelit, ferner aus Harnstoff- und Phenolharzen bekannt.

Schaumstoffe werden hergestellt, indem den Kunstharzen ein Stoff, das Treibmittel, beigemischt wird, das sich bei einer Temperatur, bei der das zu schäumende Kunstharz plastisch wird, zersetzt und damit Gase und Poren bildet. Diese Poren sind bei den Schaumstoffen geschlossen, und die entstehenden Gase diffundieren nur

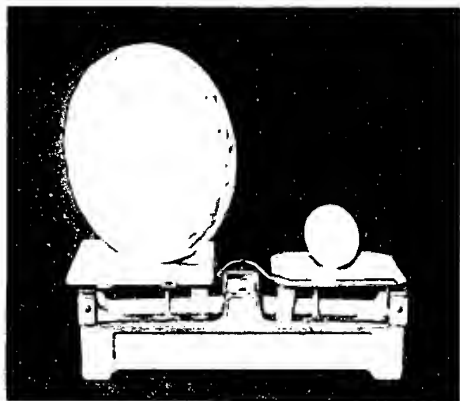


Bild 1 Gegenüberstellung einer ungeschäumten Polystyrolscheibe und einer gewichtsgleichen Polystyrolschaumscheibe

sehr langsam durch die Porenwände hindurch. Die Schaumstruktur bleibt daher auch während und nach dem Abkühlen erhalten. Der Schäumvorgang entspricht etwa dem Backvorgang mit Backpulver. Eines der bekanntesten Treibmittel zur Herstellung von Schaumstoffen ist Ammoniumbikarbonat, allgemein als Backpulver bekannt. Es gibt außer pulverförmigen Treibmitteln jedoch auch flüssige. Für die Herstellung dielektrisch hochwertiger Schaumstoffe ist es notwendig, daß in dem fertigen Schaumstoff möglichst keine Rückstände des Treibmittels verbleiben, die die Dielektrizitätskonstante und besonders den Verlustwinkel verschlechtern können. Um einen Begriff über die Raumausdehnung zu geben, die beim Schäumen eines festen Stoffes erfolgen kann, ist in Bild 1 der Unterschied des Raumbedarfs zwischen einer ungeschäumten und einer gewichtsgleichen geschäumten Polystyrolplatte gezeigt. Dabei ist das spezifische Gewicht des ungeschäumten Materials ca. 1,05 und das des geschäumten ca. 0,05. Durch das Schäumen ist der Rauminhalt um das rund 25. bis 30fache vergrößert worden.

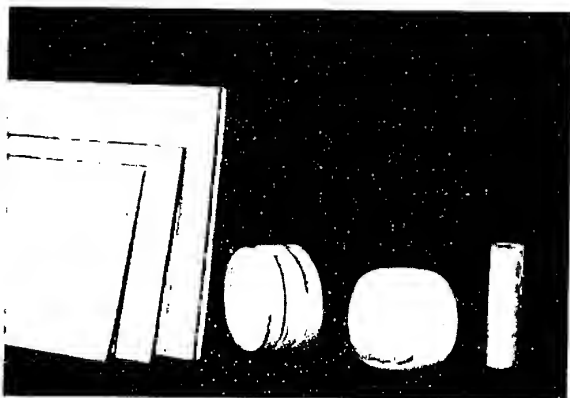


Bild 2 Auswahl von Handelsformen von Polystyrolschaumstoff

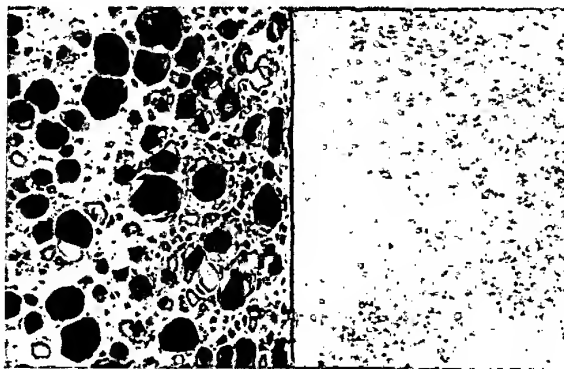


Bild 3 Polystyrolschaumstoffe mit verschiedener Porengröße

Entsprechend dem geschilderten Fertigungsverfahren müssen im allgemeinen Schaumstoffe in geschlossenen Formen hergestellt werden und kommen, wie Bild 2 zeigt, in Körpern, wie Platten, Zylindern, Kugeln oder dgl., in den Handel.

Die Porendurchmesser der Schaumstoffe sind verschieden groß. Sie können 1 cm und mehr erreichen, können aber auch so klein sein, daß sie mit dem bloßen Auge nicht mehr zu erkennen sind. Die so hergestellten Körper fallen dann nur durch ihr geringes spezifisches Gewicht auf. In Bild 3 sind zwei Schaumstoffe mit verschieden großen Porendurchmessern in natürlicher Größe einander gegenübergestellt. Der Schaumstoff links besitzt Porendurchmesser bis zu ca. 10 mm, und die Poren des Schaumstoffes auf der rechten Bildseite weisen keine größeren Durchmesser als ca. 0,25 mm auf. Die Ursache der verschieden großen Porendurch-

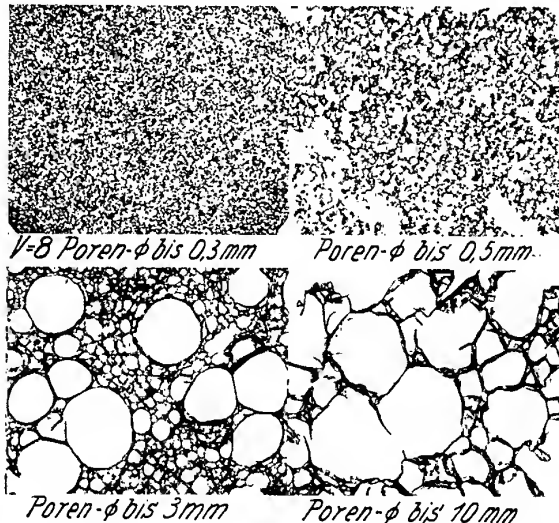


Bild 4 Überblick über Verteilung der Poren sowie deren Größe an vier verschiedenen Polystyrolschaumstoffen (8fache Vergrößerung)

messer ist vermutlich einmal durch die Art des Treibmittels, ob flüssig, fein- oder grobpulverig, zum anderen aber auch durch die mehr oder weniger große Gleichmäßigkeit der Einmischung des Treibmittels in den Grundstoff bedingt. Die Porendurchmesser können jedoch noch weiter als in Bild 3 auf der rechten Bildseite gezeigt verkleinert werden, so daß schon von „ μ -Schäumen“ die Rede ist [2]. Dabei sei besonders darauf hingewiesen, daß das spezifische Gewicht eines Schaumstoffes mit kleinen Poren erheblich kleiner sein kann als dasjenige eines großporigen Schaumstoffes.

Bild 4 gibt bei ca. 8facher Vergrößerung einen Überblick über die Gleichmäßigkeit bzw. Ungleichmäßigkeit

Tafel 1
Eigenschaften von verschiedenen Polystyrolschaumstoffen, Styroflex und Papier

Eigenschaften	Polystyrol-Schaumstoff				Styroflex [3]	Papier
	Ameri- kanische Angaben	Eigene Messungen				
Größter Porendurchmesser (mm)	unbekannt	7...8	2...3	0,2...0,3	0	0
Spezifisches Gewicht ... (kg/dm³)	0,16	0,05	0,07	0,05	1,05	0,7...1,0
Zugfestigkeit (g/mm²)	20...60	30...35	50...60	65...90	7000	5000...8000
Bruchdehnung (%)	unbekannt	4...5	2...3	4...8	3...4	2...4
Druckfestigkeit (kg/mm²)	1,3...4,6				9,5	
Thermische Leitfähigkeit	$1,14 \cdot 10^{-4}$					
Wärmefestigkeit (° C)	ca. 70	ca. 70	ca. 70	ca. 70	ca. 70	100...120
ε bei 1 MHz	1,05	1,08	1,08	1,04	2,5	2,2...2,5
tg δ bei 1 MHz	$< 3 \cdot 10^{-5}$	$< 1 \cdot 10^{-4}$	$< 1 \cdot 10^{-4}$	$< 1 \cdot 10^{-4}$	$< 2 \cdot 10^{-4}$	$25...40 \cdot 10^{-4}$ bei 50 Hz

der Porengröße von vier verschiedenen Polystyrolschäumen. Dabei scheint die Porenform vom Porendurchmesser abzuhängen. Die Poren des feinporigen Schaumstoffes sind annähernd gleichmäßige Fünfecke, während die Form der Poren des grobporigen Stoffes recht unregelmäßige Gebilde sind. In Bild 5 ist Polystyrolschaumstoff in etwa 8facher Vergrößerung (links) und

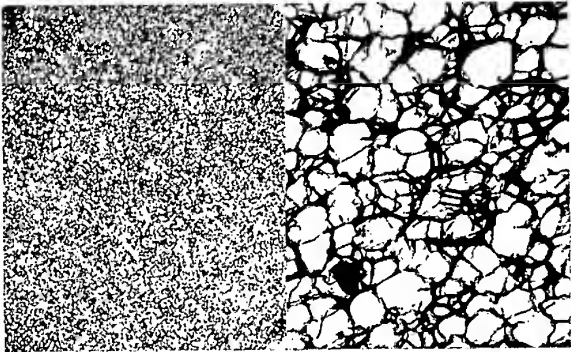


Bild 5 Struktur von Polystyrolschaumstoff bei 8- und 70facher Vergrößerung

etwa 70facher Vergrößerung (rechts) gezeigt. Der Porendurchmesser ist nicht größer als 0,25 mm, und das spezifische Gewicht beträgt etwa 0,04.

Über die physikalischen Eigenschaften von Kunstharzschäumen ist noch wenig bekannt. Vöeweg [2] gibt an, daß Schäume mit einem spezifischen Gewicht von ca. 0,15 allseitige Druckbelastungen von mehr als 30 kg/cm² ertragen können. Eine amerikanische Herstellerfirma gibt für den von ihr hergestellten Polystyrolschaum die in Tafel 1 aufgeführten Werte an, die denen durch eigene Messungen erhaltenen gegenübergestellt wurden.

Zum Vergleich werden die für Styroflex und Papier bekannten Werte mit aufgeführt. Die große Druckfestigkeit bei niedrigem spezifischem Gewicht gab Anlaß, Schaumstoffe als Stützmaterial in Tragkonstruktionen einzusetzen.

Das chemische Verhalten des Polystyrols und des durch einen Reckvorgang aus demselben Material hergestellten und besonders in der Kabel- und Leitungstechnik seit Jahren in großem Maße eingesetzten Styroflex sind bekannt. Da das Gerüst des Polystyrolschaums aus reinem Polystyrol besteht und durch den Schäumvorgang keine chemische Veränderung erleidet, können für das chemische Verhalten und die Lebensdauer von Polystyrolschaum die gleichen Maßstäbe wie für das feste Polystyrol angelegt werden.

Die überaus günstigen elektrischen Eigenschaften des Polystyrolschaums in Verbindung mit der durch das niedrige spezifische Gewicht bedingten wirtschaftlichen Einsatzmöglichkeit gegenüber dem bisher in der Kabeltechnik allgemein angewandten Papier gaben den Anlaß, zu versuchen, Schaumstoff in die Form zu bringen, die auf den üblichen Kabelspinnmaschinen zu verarbeiten ist. Bild 6, in dem die gleiche Gewichtsmenge Papier (spezifisches Gewicht ca. 0,8) derjenigen von Polystyrolschaum (spezifisches Gewicht ca. 0,05) gegenübergestellt ist, macht den Unterschied der spezifischen Gewichte der beiden Stoffe augenscheinlich. Das Gewicht von einer Scheibe Papier ist in dem abgebildeten Fall gleich dem von 14 gleich großen Scheiben Schaumstoff.

In den Süddeutschen Kabelwerken ist es nun gelungen, aus den in Bild 2 gezeigten Formen von festem Polystyrolschaum Bänder herzustellen, die auf normalen Kabelmaschinen verarbeitet werden können. Bild 7 zeigt oben eine Auswahl solcher Bänder der verschiedensten Dicken von 2 mm bis herab zu 0,35 mm und in der Mitte einige Halbfabrikate von Adern für Kabel und Leitungen; die untere Reihe zeigt Wickel- und Biegeproben derselben.

Es war ein Zufall, daß, als im Herbst 1949 die ersten Spinnversuche anliefen, von einer der führenden Rundfunkgerätekfirmen die Anfrage über eine Autoantennen-

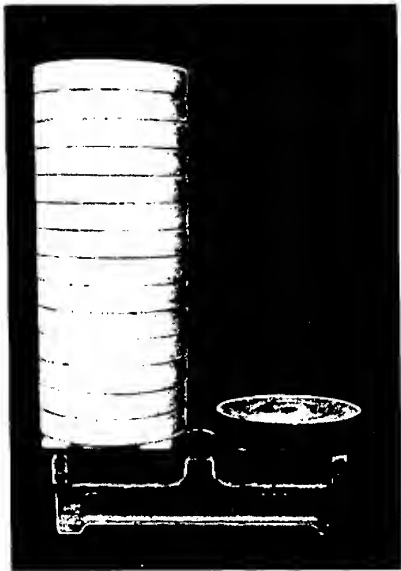


Bild 6 Gegenüberstellung der gleichen Gewichtsmenge Papier und Polystyrolschaumstoff

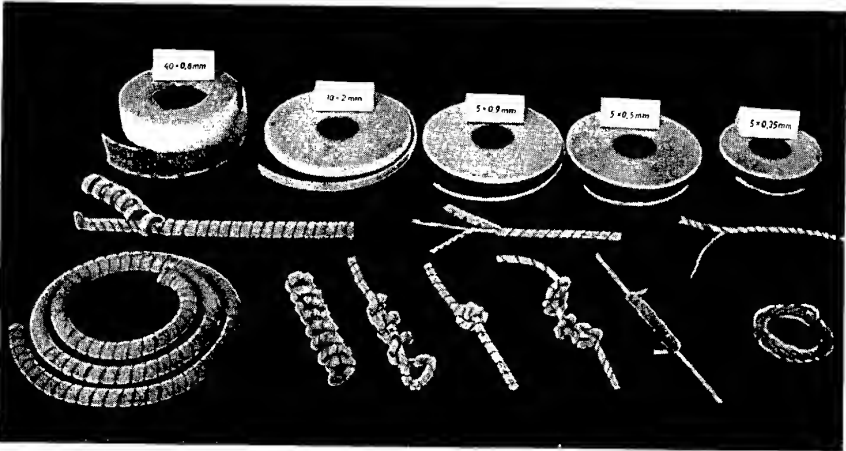


Bild 7 Auswahl von Fädern aus Polystyrolschaumstoff und daraus hergestellte Halbfabrikate von Kabeln und Leitungen

leitung eintraf. Bei einem Innenleiter aus Stahldraht mit nur 0,2 mm \varnothing und einem geforderten Gesamtdurchmesser der Leitung von nicht mehr als 9 mm über dem über dem Schirmgeflecht sich befindenden Kunststoffmantel wurde eine Kapazität von nicht mehr als 18 pF/m verlangt. Es war klar, daß, wenn der Versuch, das erste Schaumstoffband um einen so dünnen Leiter zu spinnen, gelang, ein erster großer Schritt getan war. Nach einigen anfänglichen Schwierigkeiten und nachdem sich alle Beteiligten in die Handhabung des neuen Stoffes eingelebt hatten, konnte die laufende Fertigung einsetzen. Bis jetzt sind von dieser Leitung mehr als 20 km geliefert worden, ohne irgendeine Beanstandung von seiten der Verbraucher.

Die Vorteile, die durch die Verwendung von Schaumstoff in der Fernsprechkabeltechnik und besonders in der Trägerfrequenzkabeltechnik zu erzielen sind, liegen auf der Hand.

Entsprechend der um ca. 22 % niedrigeren Dielektrizitätskonstante des Schaumstoffes gegenüber derjenigen der Papierlufttraumisolierung wird bei gleichen Leiterabständen eine Dämpfungsverminderung von bereits rund 10 % erreicht. Durch den mit steigender Frequenz größer werdenden Unterschied der Verlustwinkel der beiden Stoffe wird die Leitungsdämpfung bei der Schaumstoffisolierung zusätzlich verkleinert. Diese Verminderung kann noch erheblicher sein als die durch den Unterschied der Dielektrizitätskonstanten erhaltene. In Bild 8 sind die Dämpfungskurven des z. Z. von der Deutschen Bundespost verwendeten Trägerfrequenzkabels, das 12 Sternvierer mit 1,2 mm starken Kupferleitern enthält, mit Papier- und Schaumstoffisolierung gegenübergestellt. Dabei wurde für das mit Papier isolierte Kabel die Dämpfungskurve der Arbeit von Ring und Zerbelt [4] entnommen.

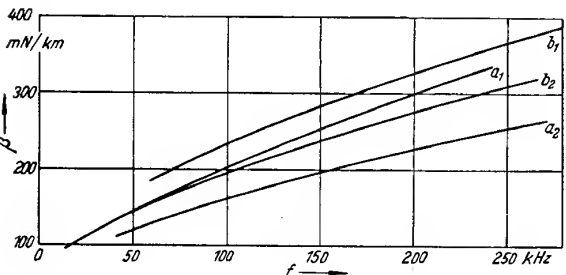


Bild 8 Dämpfung von sternverteilten Tr-Kabelleitungen mit 1,2 mm-Cu-Adern bei 20° C.
a₁) u. b₁) Stamm- bzw. Viererleitung mit Papier-Lufttraum-Isolierung
a₂) u. b₂) Stamm- bzw. Viererleitung mit Schaumstoffisolierung

Bei 252 kHz, der höchsten Frequenz, mit der dieser Kabeltyp z. Z. betrieben wird, hat das mit Papier isolierte Kabel eine kilometrische Leitungsdämpfung der Stammleitungen von 340 mN, das mit Schaumstoff isolierte erreicht bei derselben Frequenz nur ca. 250...255 mN; das sind rund 25 % weniger. Es kann daher bei einer zugelassenen Verstärkerfeldlänge von 6,3 N die mit Papierisolierung erreichbare normale Verstärkerfeldlänge von 18,8 km bei Anwendung der Schaumstoffisolierung auf 24...25 km erhöht werden. Überlängen können unter den von Ring und Zerbelt angegebenen Voraussetzungen etwa 27 km lang werden.

Die Vergrößerung der Verstärkerfeldlänge ist für die Planung und Wirtschaftlichkeit der Trägerfrequenzkabelstrecken von großer Wichtigkeit. Bedeutet dies doch, daß auf einer durchgehenden Kabelstrecke von 75 km bei Anwendung der Schaumstoffisolierung ein Verstärkeramt eingespart wird. Noch größere Vorteile als bei langen durchlaufenden Kabelstrecken ergeben sich bei Anschluß- und Stichleitungen von 40—50 km Gesamtlänge. Werden papierisolierte Kabel verwendet, so müssen unter Beibehaltung von normalen 18,8 km langen Verstärkerfeldern bereits 3 Verstärkerämter errichtet

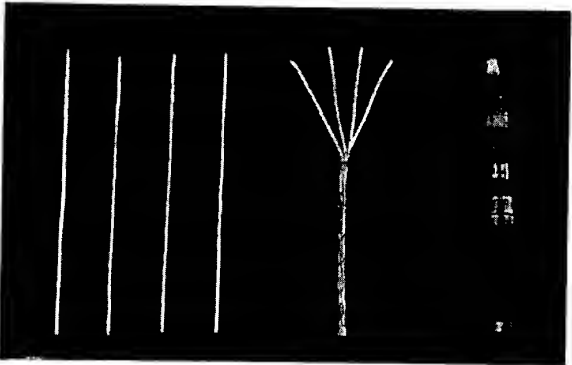


Bild 9 Adern, Vierer und abgestuftes Muster eines mit Schaumstoff isolierten Trägerfrequenzkabels

werden, gegenüber von nur 2 Verstärkerämtern beim Einsatz von schaumstoffisolierten Kabeln mit Verstärkerfeldlängen von 24—25 km. Dabei muß beachtet werden, daß der Durchmesser des Kabels mit Schaumstoffisolierung gleich dem des Kabels mit papierisolierten Adern wird.

Bild 9 zeigt Ader, Vierer und Stufenmuster des mit Schaumstoff isolierten 24paarigen Trägerfrequenzkabels mit 1,2 mm starken Kupferleitern, wie es sich z. Z. für einen größeren Auftrag der Deutschen Bundespost in der Fertigung befindet.

Über dem Schaumstoffband der Ader befindet sich eine 0,02 mm starke Styroflexfolie, die zur Aderkennzeichnung in den Farben gelb, rot, grün und schwarzblau eingefärbt ist. Die zur Kabelseele verseilten Sternvierer sind mit einem längsumgelegten und nur mit einer Seitennaht versehenen Oppanolband feuchtigkeitssicher eingehüllt. Infolge des rund dreimal größeren Strömungswiderstandes des mit Schaumstoff isolierten Kabelaufbaues gegenüber den mit Papierkordell und Papierband isolierten Kabeladern konnte der von der Bundespost ge-

forderte Meldeschutz für einen evtl. Feuchtigkeitseinbruch in kupfersparender Weise aufgebracht werden.

In Tafel 2 sind die mit der Deutschen Bundespost vorläufig vereinbarten Pflichtenwerte einander gegenübergestellt, die bei dem mit Schaumstoff isolierten von dem mit Papier isolierten Kabel abweichen.

Tafel 2

Eigenschaft	Wert für		Bezugs- maß
	Papier	Schaumstoff	
Betriebskapazität der 1,2 mm-Stämme der Sternviererseile Einzelwert.....	≤ 28	≤ 23	nF/km
Wellenwiderstand			
bei 60 kHz	177—j 14	202—j 16	Ohm
bei 120 kHz	174—j 9	197—j 11	Ohm
bei 240 kHz	172—j 6	194—j 9	Ohm
Verlustwinkel tg δ			
bei 60 kHz	≤ 12 · 10 ⁻³	≤ 6 · 10 ⁻³	

Die übrigen elektrischen Eigenschaften, wie z. B. die für das Nah- und Fernnebensprechen vorgeschriebenen Dämpfungswerte, sind bei beiden Kabeltypen mit derselben Genauigkeit einzuhalten.

Um die Stabilität einer Kabelseele zu prüfen, die aus mit Schaumstoff isolierten Adern hergestellt ist, wurden einige Kabelstücke extremen Beanspruchungen unterworfen. Zuvor wurde jedoch die elektrische Festigkeit an unbeschädigten Kabeladern festgestellt. Dabei wurden die beiden innerhalb eines Sternvierers nebeneinanderliegenden Adern an Wechselspannung gelegt und diese bis zum Durchschlag gesteigert. Es zeigte sich, daß die mit einem etwa 0,95 mm starken Schaumstoffband isolierten Adern bei etwa 4,5 kV durchschlugen. Dabei war es gleichgültig, ob sich über dem Schaumstoffband noch eine 0,02 mm starke, mit Überlappung aufgebrachte Styroflexfolie befand oder nicht. Die Durchschlagspannung von Adern, die mit einem entsprechend starken Styroflexfaden und einer ca. 0,05 mm starken Styroflexfolie besponnen sind, liegt etwa ebenso hoch. Dagegen sinkt die Durchschlagspannung von papierisolierten Adern entsprechender Stärke auf etwa 3,5 kV. Anschließend wurde ein bewehrtes Kabelstück von ca. 15 m um eine mit 3 t belastete Seilrolle von etwa 60 cm Durchmesser gelegt und mit Hilfe von 2 Kranen dreimal auf der Seilrolle auf- und abgerollt. Schließlich wurden mehrere unbewehrte Kabelstücke innerhalb eines Druckrohres einem äußeren Überdruck von 15...20 atü unterworfen, so daß der Bleimantel vollkommen zusammengedrückt wurde. Nach diesen Versuchen wurden die nebeneinanderliegenden Adern mit Wechselspannung geprüft, wobei sämtliche Proben noch mindestens 1200 Volt 2 min lang aushielten.

Auch bei einem mit einem bewehrten Kabelstück von 300 m Länge durchgeführten Legeversuch, wobei die Länge wie üblich in einer 8 ausgelegt wurde, erfuhren die elektrischen Werte keine Veränderung. Weiter wurden die elektrischen Eigenschaften je einer mit Papier und Schaumstoff isolierten Länge in Abhängigkeit von der Temperatur zwischen +12 und -10° C miteinander verglichen. Dabei zeigte sich, daß der Temperaturkoeffizient der Dämpfung bei beiden Isolierarten gleich ist und dem aus der Arbeit von Widl [5] errechneten Wert von im Mittel 0,24 mN/km und °C über einen Frequenzbereich von 50...250 kHz entspricht.

Um endlich Erfahrungen für die Montage der mit Schaumstoff isolierten Kabel zu erhalten, wurden gemeinsam mit einem Montagemeister der Deutschen Bundespost Spleiß- und Muffenlötversuche durchgeführt. Nach Einführen eines kleinen Kunstgriffes, der darin be-

steht, daß der Bleimantel nach dem Absetzen mit Hilfe eines Hohldornes um ca. 1 mm auf eine Länge von ca. 100 mm aufgeweitet und die Kabelseele mittels einer kleinen Bandage aus Glasgespinst in dem aufgeweiteten Raum zentriert wird, konnte eine Muffe mindestens fünfmal ab- und wieder aufgelötet werden, ohne daß eine Sinterung der Schaumstoffisolierung zu erkennen war. Und selbst für den Fall, daß einmal nicht mit genügender Achtsamkeit gelötet werden sollte, spielt m. E. ein Sintern des Schaumstoffes keine Rolle. Da nämlich an der Sinterstelle nach dem Löten auch nicht mehr Isolierstoff vorhanden ist als vorher und der Leiterabstand infolge des Gleichbleibens des Aderdurchmessers vor und hinter der Sinter- bzw. Lötstelle der gleiche bleibt, verursacht das Sintern keine merkliche Kapazitätserhöhung.

Die Verwendung von Schaumstoff beschränkt sich jedoch nicht nur auf Kabel für das Trägerfrequenzgebiet. Auch bei niederfrequent ausgenutzten Kabeln, z. B. Bezirkskabeln, und — falls der Einsatz von Schaumstoff bei der Herstellung von Ortskabeln gelingen sollte —, sind erhebliche Vorteile zu erwarten. Wird z. B. eine mit Schaumstoff isolierte Fernleitungskabelstrecke mit Spulensätzen von $L = 80/40$ mH in $s = 1,7$ km Entfernung belastet, so ergeben sich die in Bild 10 gezeigten Dämpfungskurven Nr. 2 und Nr. 3 für die Leiterstärken von 1,2 bzw. 1,4 mm Durchmesser. Kurve 1 zeigt den Dämpfungsverlauf einer entsprechenden Kabelstrecke, die aus mit Papier isolierten Adern mit einem Leiterdurchmesser von 1,4 mm besteht. Aus dieser Gegenüberstellung ist zu entnehmen, daß hinsichtlich der absoluten Höhe des Dämpfungsmaßes bei der vom CCJ empfohlenen obersten Sprachfrequenz von 3400 Hz die Dämpfung einer mit Schaumstoff isolierten Kabelstrecke mit 1,2 mm starken Kupferleitern um rund 8 mN/km kleiner ist als die einer mit Papier isolierten, mit 1,4 mm starken Kupferleitern ausgerüsteten Kabelstrecke. Ferner beträgt die Dämpfungsverzerrung der erstgenannten Strecke zwischen 800 und 3400 Hz nur 2,0 mN/km gegenüber 4,5 mN/km der zuletzt genannten Strecke. Es besteht hier die Möglichkeit, durch Einführung von Spulensätzen mit bestimmten elektrischen Eigenschaften die durch die

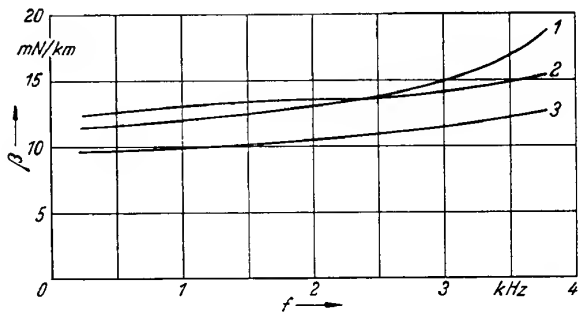


Bild 10 Gegenüberstellung der Dämpfungskurven mit $L = 80/40$ mH und $s = 1,7$ km bespulter Kabelleitungen in Sternverseilung:
1) mit 1,4 mm-Cu-Leiter und Papier-Luftstrom-Isolierung
2) mit 1,2 mm-Cu-Leiter und Schaumstoffisolierung
3) mit 1,4 mm-Cu-Leiter und Schaumstoffisolierung

Schaumstoffisolierung erhaltenen Vorteile in anderer Richtung, wie z. B. Absenkung des gesamten Dämpfungsniveaus, Kosteneinsparung durch Verlängerung der Spulenfelder usw., auszunutzen.

Bei einem Probekabel, das aus 12 Sternvierern mit 1,2 mm starken Kupferleitern bestand, die mit ca. 0,65 mm starkem Schaumstoffband isoliert waren, wurde eine mittlere Betriebskapazität von 26 nF/km gemessen. Diese bewirkt bei 800 Hz eine Dämpfung von 46 mN/km, was genau der Dämpfung eines mit Papier isolierten Kabels mit 1,4 mm starken Kupferleitern bei ebenfalls 800 Hz entspricht. Dabei ist der Durchmesser der Kabelseele unter

Blei bei der Schaumstoffausführung gleich dem Durchmesser unter Blei bei einem Kabel mit papierisolierten Adern. Durch die Verwendung von Schaumstoff tritt eine Gewichtsersparnis von 26 % Kupfer ein. Bild 11 zeigt für unbelastete Bezirkskabel und für Ortskabel die Dämpfungen für den Frequenzbereich von 0...3500 Hz. Danach könnten an Stelle der 0,6 mm starken Kupferleiter bei dem Kabel mit Papierhohlraumisolierung Kupferleiter mit nur 0,5 mm Stärke und Schaumstoffisolierung benutzt werden. Das entspricht einer Kupfersparnis von rund 30 %. Dasselbe gilt für die übrigen Querschnitte. An

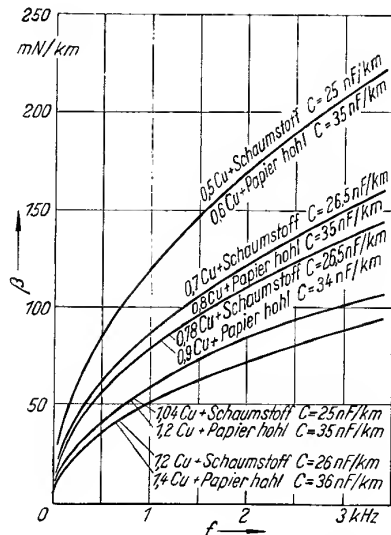


Bild 11 Gegenüberstellung der Dämpfungskurven unbelasteter Bezirks- und Ortskabel mit Papier-Luft- und Schaumstoffisolierung

Stelle von 0,8 mm wären 0,7 mm starke und an Stelle von 0,9 bzw. 1,2 mm starken Kupferleitern solche mit 0,78 bzw. 1,04...1,00 mm Durchmesser zu verwenden, wenn für die Isolierung Schaumstoff statt Papier benutzt wird.

Auf dem Gebiet der Hochfrequenzleitungen, wo oft die Forderung auf eine möglichst niedrige Kapazität

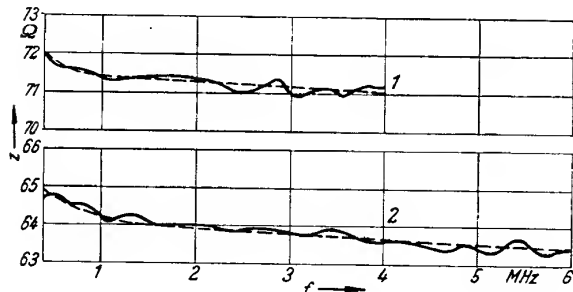


Bild 12 Dämpfungskurven von Breitbandkernen mit Styroflex- und Schaumstoffisolierung

ohne Rücksicht auf den Wellenwiderstand erhoben wird, ist Polystyrolschaumstoff das gegebene Isoliermittel. Die damit erreichbare Dielektrizitätskonstante kann bei 1,04 bzw. bei Anwendung einer Umspinnung mit großer Lücke noch darunter liegen und damit bis auf wenige Prozent der von Luft nahekomen. Da die Kapazität eines konzentrischen Kabels bekanntlich durch die Formel

$$C = \frac{\epsilon}{18 \ln \frac{D}{d}} \quad [\mu F/km]$$

bestimmt wird, wird das Verhältnis des Durchmessers des Außenleiters zu dem des Innenleiters um $\epsilon(\epsilon_1 - \epsilon_2)$ kleiner, wenn ϵ_2 die Dielektrizitätskonstante des Schaumstoffes und ϵ_1 die des bisher verwendeten Stoffes ist.

Muß jedoch bei einer Hochfrequenzleitung das Hauptaugenmerk auf die zulässige Dämpfung gelegt werden, so geht der Unterschied der Dielektrizitätskonstanten nur in dem Verhältnis ihrer Quadratwurzeln ein. Bekanntlich wird in diesen Fällen die Dämpfung und damit das Durchmesser Verhältnis vom Außen- zum Innenleiter vor allem durch die Hochfrequenzeigenschaften der für die Leiter verwendeten Materialien bestimmt.

Der Verlauf des Wellenwiderstandes bei Hochfrequenzleitungen mit Schaumstoffisolierung ist sehr gleichmäßig. In Bild 12 sind in Kurve 2 die Wellenwiderstandsschwankungen aufgetragen, die an einem Breitbandkern 2,6/9,0 mm, der mit Schaumstoff isoliert und als Außenleiter einen gefalteten und gerillten Kupferblechmantel mit 0,25 mm Stärke besaß, gemessen wurden. Kurve 1 gibt den Verlauf des Wellenwiderstandes eines Breitbandkernes wieder, der mit Styroflex isoliert und mit einem Sickenleiter als Außenleiter versehen war [6].

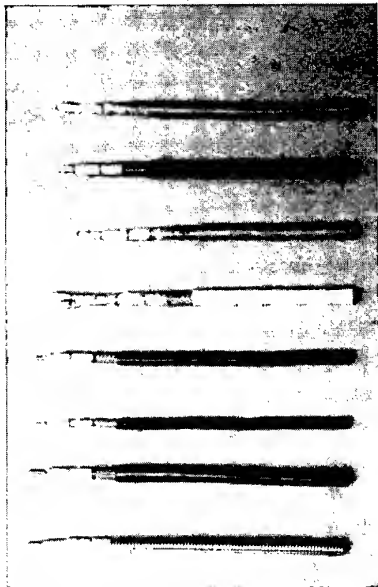
Beim Übergang auf das Gebiet der Meter- und Dezimeterwellen müssen bei der Scheibenisolierung sowohl am Innen- als auch am Außenleiter Eindrehungen vorgesehen und den Scheiben besondere Querschnittsformen gegeben werden, um Reflexionen an der Stelle, an der die Scheibe sitzt, zu verringern bzw. zu vermeiden [7]. Dies bedingt aber erhebliche Fertigungsschwierigkeiten. Bei der Verwendung von Schaumstoffisolierung, die gleichmäßig den Raum zwischen Innen- und Außenleiter ausfüllt, sind diese Schwierigkeiten nicht zu erwarten. Außerdem wird die wirksame Dielektrizitätskonstante noch kleiner sein als die der Isolierung mit Stützscheiben. Die in Bild 13 gezeigte Auswahl von Hochfrequenzleitungen mit den daran gemessenen elektrischen Werten und den hauptsächlichsten Aufbaudaten stellt zwar nur Empfangsleitungen dar. Es sind jedoch ohne weiteres auch Energieleitungen mit Schaumstoffisolierung herzustellen.

Der bisher in der Fertigung eingesetzte Polystyrolschaumstoff hat eine Dielektrizitätskonstante von 1,08 und ein spezifisches Gewicht von 0,07...0,10. Die Porengröße und die mechanischen Eigenschaften sind noch nicht sehr gleichmäßig. Es liegen jedoch bereits Proben von Schaumstoffen aus Polystyrol vor, deren Porengröße gleichmäßig ist und nicht mehr als etwa 0,2...0,3 mm Durchmesser aufweisen. Das spezifische Gewicht kann bis auf 0,02 und die Dielektrizitätskonstante auf etwa 1,03...1,02 heruntergedrückt werden.

Für die Herstellung elektrischer Kabel und Leitungen ist das Anwendungsgebiet für Schaumstoffe noch neu, und daher sind noch nicht alle Fertigungsmöglichkeiten erprobt. Ferner ist zu erwarten, daß von seiten der Chemiker noch einiges getan werden kann, um die bis jetzt nur an einzelnen Proben erreichten günstigeren mechanischen und elektrischen Eigenschaften auch auf die Serienfertigung zu übertragen. Für die Fernsprech- und Hochfrequenzkabel- und -leitungstechnik bedeutet der Einsatz von Schaumstoffen einen Fortschritt im Kampf mit dem Dielektrikum Luft und eine erhebliche Einsparung an Rohstoffen, sowohl auf der Metallseite als auch auf der Seite der Isoliermittel.

Schrifttum

[1] E. Fischer und F. H. Müller: Europäischer Fernsprechdienst, Heft 48 März 1938, S. 13-20.
[2] R. Vieg: Kunststoffe 38, Heft 3 März 1948, S. 45-48.
[3] „Mechanische, chemische und elektrische Eigenschaften von Styroflex“; Norddeutsche Seekabelwerke, Nordenham.
[4] F. Ring und W. Zerb: FTZ 3; Heft 10 (1950), S. 377-379 und Heft 12 (1950), S. 465.
[5] E. Widl: FTZ 2; Heft 12 (1949), S. 373-381.
[6] H. Lintzel: Telegr., Fernspr.- und Funktechnik 26; Heft 11 (1937), S. 243.
[7] H. Kaden und G. Ellenberger: A. E. U. 3; Heft 9, (1949), S. 313-322.



Type	Leiter ϕ mm	Schirm	Außen ϕ mm	Z Ohm etwa	C pF/m	β 10/MHz N/km
11a-1226a	0,2 Stahl verz.	Cu- Geflecht	9,0	200	18	3,7
11b-1229	0,2 Stahl verz.	Cu-Rohr gerillt	10,0	250	18	3,5
11a-1244	0,5 Kupfer	Cu- Geflecht	9,0	160	22	2,3
22a-1202	2 x 1,0 Kupfer	Cu- Geflecht	10,0	185	20	2,3
6a-1255	1,5 Kupfer	Cu- Geflecht	8,0	72	50	2,3
5c-1220	1,65 Cu-Litze 7 x 0,35	Cu- Geflecht	6,3	55	70	3,2
5a-1252	2,3 Kupfer	Cu- Geflecht	9,0	60	60	2,1
1a-1222	2,6 Kupfer	Cu-Rohr gerillt	9,0	70	60	0,65

Bild 13 Auswahl von mit Schaumstoff isolierten Hochfrequenzleitungen, ihre elektrischen Werte und Aufbauarten

Aussprache

Herr H. Kaden, München, und Herr G. Pleuger, Duisburg: Aus einer Tabelle war zu ersehen, daß der Verlustwinkel des Schaumstoffes in der Größenordnung von etwa 10^{-3} angegeben war. Wenn man bedenkt, daß massives Polystyrol einen Verlustwinkel von einigen 10^{-4} hat und gleichzeitig die Volumenvergrößerung von 14:1 in Betracht zieht, so müßte ein Verlustwinkel von der Größenordnung 10^{-5} herauskommen. Wie ist der große Verlustwinkel von 10^{-3} zu erklären?

Vortragender: Die in Tafel 2 aufgeführten Werte sind vorläufig vereinbarte Pflichtenwerte für die Lieferung von Tf-Kabeln. Die tatsächlich an den mit Schaumstoff isolierten Stammleitungen dieser Kabel gemessenen tg δ -Werte liegen bei einigen 10^{-4} . Dabei muß berücksichtigt werden, daß sich über dem Schaumstoffband eine 0,02 mm starke Styroflexfolie befindet.

Die an Schaumstoff allein in einem Plattenkondensator gemessenen Werte liegen bei 1×10^{-4} oder kleiner. Siehe Tafel 1.

Herr Widl, Stuttgart: Bei der Beurteilung der wirtschaftlichen Bedeutung des Schaumstoffdielektrikums darf die Kostenfrage nicht vernachlässigt werden. Wie kann diese hinsichtlich eines Vergleichs des schaumstoffisolierten Kabels mit dem papierisolierten Kabel sonst gleichen Aufbaus beantwortet werden?

Vortragender: Unter der Voraussetzung gleicher Fertigungsbedingungen sind die Kosten etwa gleich.

Herr K. H. Hahne, Osnabrück: In der vorher aufgeworfenen Frage des Preisvergleichs bei Ortskabeln mit Schaumstoff- und Papierisolierung ist es nicht ganz korrekt, darauf hinzuweisen, daß der Schaumstoff bei gleichem Gewicht das 16fache Volumen von Papier hat. Auch das Papier wird ja in einer sehr hohlraumhaltigen Konstruktion auf die Ader aufgebracht, während der aufgeschäumte Isolierstoff kompakt liegt.

Vortragender: Bei der Papierlufttraumisolierung wird, zumindest in Deutschland, Papierkordel verwendet, die das Mehrfache von Papier kostet. Es ist nicht notwendig, daß der Schaumstoff kompakt aufgebracht wird. Er kann auch mit Lücke, ähnlich wie die Papierkordel, aufgesponnen werden.

Herr A. Mehliß, Stuttgart: Bei Ortsleitungskabeln muß bei Verringerung des Aderdurchmessers auf gleiche Dämpfung der Sendebezugsdämpfungsverlust durch geringeren Speisestrom berücksichtigt werden.

Vortragender: Selbstverständlich ist bei Herabsetzung des Leiterdurchmessers der Sendepegel zu erhöhen. Beschränkt man jedoch die geringen Leiterstärken — wie im Ausland teilweise üblich — auf die hochpaarigen Kabel in der Nähe der Ämter, so wird die Erhöhung des Sendepegels gering, und es wird infolge der Kupferersparnis eine beträchtliche Senkung der Anlagekosten durch Anwendung der Schaumstoff-Isolierung erreicht.

Gruppe K II — Drahtfernmeldetechnik

Einführung

Von H. Schönfeld

Bereits in der Jahresversammlung 1949 des VDE wurden in der, damals mit Sprachfrequenztechnik bezeichneten Gruppe IIIa drei Referate gehalten, die sich mit Problemen der Fernwahltechnik beschäftigten. Wenn man den großen Umfang an technischen Aufgaben und Problemen betrachtet, die gelöst werden müssen, um das deutsche Fernsprechnet auf eine, das gesamte Gebiet umfassende Fernwahl umzustellen, so wird es verständlich erscheinen, daß auch bei dieser Jahresversammlung sich wieder zwei Referate mit den Problemen der Landesfernwahl auseinandersetzen. Und man kann mit Sicherheit annehmen, daß auch künftige Jahresversammlungen sich mit weiteren Problemen aus diesem großen Kreis von Aufgaben beschäftigen werden.

Die auf der Jahresversammlung 1949 von Herrn Raettig in seiner Einführung erwähnten „Beratenden Technischen Ausschüsse für das Fernmeldewesen“ (BTAF), die beim Post- und Fernmeldetechnischen Zentralamt durch Herrn Prof. Steidle ins Leben gerufen wurden, haben in der Zwischenzeit eine Reihe von Aufgaben gelöst: Für die Schaltkennzeichen, die Art der Zählung, der Zeichengabe, für das Wahlendezeichen, die Besetzkennzeichnung für Orts- und Ferngespräche und die Aufschaltmöglichkeiten auf bestehende Ortsgespräche zum Ankündigen von Ferngesprächen — um nur einige der wichtigsten Aufgaben zu nennen — hat man in der Zwischenzeit sich für bestimmte Lösungen entschieden. Damit haben die Ausschüsse eine sehr wesentliche Aufgabe erfüllt. Es ist ja allgemein bekannt, daß durch die Zerstörungen des Krieges und den durch Kriegsaufgaben verhinderten Aufbau des Fernsprechnetzes ein großer Bedarf an Fernsprechanschlüssen in Deutschland entstanden ist, der in der nächsten Zeit unbedingt befriedigt werden muß. Die dabei eingesetzte Ortsamtstechnik kann nun so gestaltet werden, daß die neu zu bauenden Ortsämter sich reibungslos in das spätere Landesfernwahlnetz einpassen lassen. Damit war eine Aufgabe von entscheidender technischer Bedeutung gelöst worden. Die Gestaltung

der übrigen Aufgaben war diesem brennenden Problem gegenüber nicht ganz so eilig.

Mit zwei von diesen Aufgabenkreisen beschäftigen sich die beiden Referate der diesjährigen Jahresversammlung. Herr Mehlis hat es in seinem Vortrag unternehmen, die von den verschiedenen Firmen und dem Fernmeldetechnischen Zentralamt vorgeschlagenen Lösungen in übersichtlicher Form zusammenfassend gegenüberzustellen. Herr Prof. Hebel beschäftigt sich in seinem Referat mit der Eingliederung des handbedienten Fernverkehrs in ein zukünftiges Fernwahlnetz. Nicht erörtert wird in diesem Jahr die Frage des Schutzes von tonfrequenten Fernwahlimpulsen gegen Sprachbeeinflussung und die sehr wichtige Frage der künftigen konstruktiven Form der Wähler. Die Auslandstechnik mit Koordinatenwählern und Edelmetallkontakten und die Frage der Anwendung elektronischer Schaltmittel in der Technik wird uns auf künftigen Tagungen beschäftigen müssen.

Der dritte Vortrag dieser Gruppe wurde aus dem Gebiet der Telegraphie gewählt. Die Telegraphie hat auf einer Reihe von wichtigen Anwendungsgebieten ihren bleibenden Aufgabenkreis. Während bei der leitungsgebundenen Telegraphie der Springschreiber sowohl im öffentlichen Netz als auch im Teilnehmerwahlverkehr sich eine feste Stellung erobert hat, besteht nach wie vor ein Bedürfnis nach besonderen Telegraphenapparaten für Funkübertragungen. Bei der Funkübertragung muß zwischen dem kommerziellen Verkehr zwischen festen Punkten und einem Rundschreibverkehr für Presse Zwecke unterschieden werden. Für letztere hat sich der Siemens-Hellschreiber hervorragend bewährt. Ein Nachteil der bisherigen Konstruktionen war, daß die Schrift auf einem Papierstreifen aufgenommen wurde, der für die Verwertung im Pressebetrieb noch einmal abgeschrieben werden mußte. Inzwischen ist die Konstruktion eines Blattschreibers für das Siemens-Hell-Verfahren gelungen. Hierüber wird Herr Dr. Zimmermann berichten. Der Presse ist mit diesem neuen Gerät ein hervorragendes Hilfsmittel in die Hand gegeben worden.

Die Lösungswege in der Fernwählvermittlungstechnik und ihre Freiheitsgrade

Von A. Mehlis

Kurz nach dem Kriege wurde von der Deutschen Post sowohl ihren Spezialreferenten als auch der einschlägigen deutschen Industrie die Frage gestellt: „Welche Gesichtspunkte müssen beim Wiederaufbau des deutschen Fernsprechnetzes berücksichtigt werden, um die Einführung der Fernwahl bzw. des Selbstwählferndienstes nicht durch verlorenen Bauaufwand zu erschweren, wenn nicht überhaupt unmöglich zu machen?“ Diese vorausschauende Planungsarbeit hat sich als sehr fruchtbar erwiesen, da, veranlaßt durch diese Anregung, eine größere Zahl konkreter Lösungen vorgeschlagen wurde.

Die große Zahl der Forderungen, die bei der Landesfernwahl zu erfüllen sind, und die verschiedensten Ge-

sichtspunkte, unter denen diese Forderungen erfüllt werden können, ergeben naturgemäß eine große Zahl von Lösungsmöglichkeiten. In Deutschland wird sowohl von seiten der Industrie als auch von seiten der Behörden das Direktwahlssystem für die Ortsamtstechnik vertreten. Es muß daher das Fernwahlssystem so durchgebildet werden, daß es sich organisch an das Direktwahlssystem der Ortsämter anschließt. Das kann um so leichter geschehen, als die Einheitlichkeit der Technik der deutschen Ortswählämter dies in hervorragendem Maße gestattet.

Bevor jedoch auf die Möglichkeiten, auf die verschiedenen Freiheitsgrade, wenn man so sagen darf, näher

eingegangen wird, seien kurz die typischsten bekanntgewordenen Vorschläge erwähnt:

- 1. das Direktwahlsystem, welches sich in Deutschland innerhalb der Ortsamtstechnik vollkommen und mit Erfolg durchgesetzt hat, auch in der Fernwahltechnik anzuwenden. Es müßte natürlich mit Zusätzen versehen werden, um die speziellen Forderungen der Fernwahltechnik erfüllen zu können.

Hierzu gehören:

- a) Die Vorschläge von Siemens & Halske, das in der Netzgruppentechnik, insbesondere in Bayern, eingeführte System für die Fernwahltechnik zu modifizieren.

- b) Die Verwendung der normalen Impulsreihen zum Zwecke der Markierung, stufenweise fortschreitend von Vermittlungsstelle zu Vermittlungsstelle.

Für die erste Lösungsart sei das Richtungs-vorwahlverfahren des FTZ genannt, für den zweiten Weg das Stafettenwahlsystem, wie es von der Firma Mix & Genest vorgeschlagen wurde, und in Modifizierung dessen die gesteuerte Kennzifferwahl, wie sie von der Firma Siemens & Halske vorgeschlagen wurde.

Ein Direktwahlsystem dürfte heute nicht mehr als die allein in Frage kommende Lösung betrachtet werden, obwohl es zu Beginn der Überlegungen über eine Landesfernwahl kurz nach dem Kriege von verschiedenen Seiten ernstlich in Erwägung gezogen wurde.

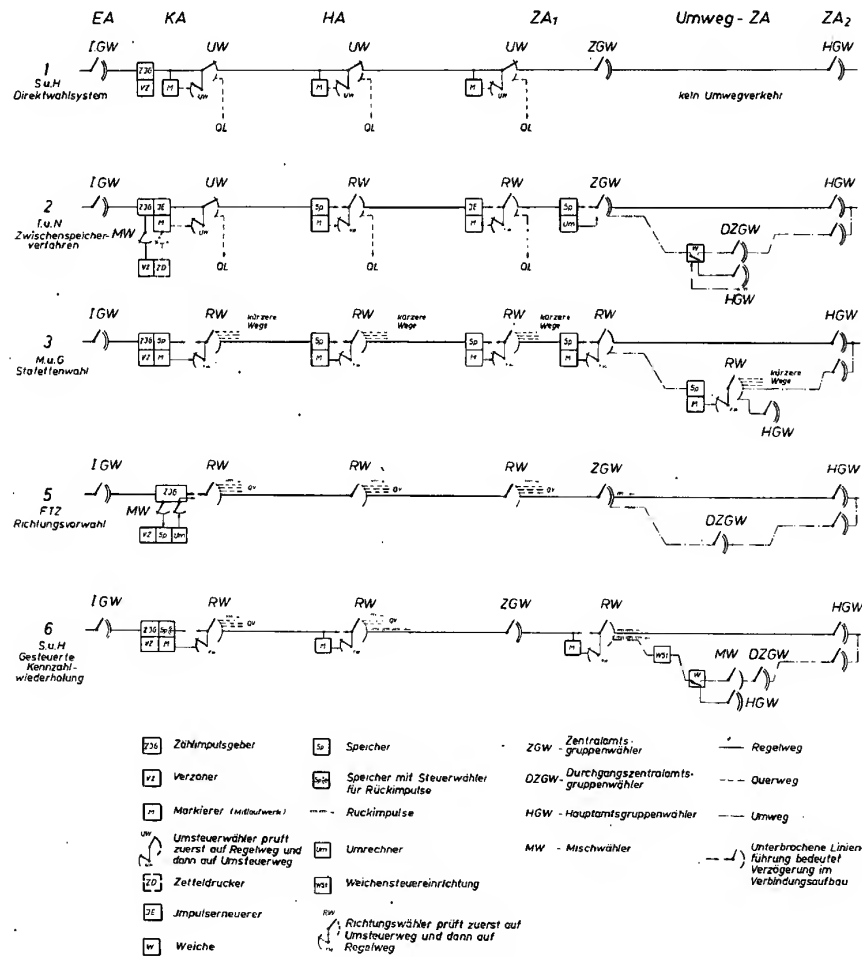


Bild 1 Systemvorschläge für Fernwahl

- b) Das System Fernautomatik, wie es von der Firma Telefonbau und Normalzeit vorgeschlagen wurde.
- 2. Ein weiterer Lösungsweg ist, für die Fernwahl Speicher einzuführen, welche es ermöglichen, die Bedingungen der Fernwahl in grundsätzlich anderer Weise zu lösen, als es das Direktwahlsystem gestattet.

Hier sind wieder zwei verschiedene Ausgangslösungen denkbar:

- a) Speicher, die am Anfang des Verbindungsaufbaues die vom Teilnehmer gesandte Stromstoßserie umrechnen bzw. umordnen. Dadurch kann die Fernverbindung entsprechend den Bedingungen des Fernnetzes unabhängig von den vom Teilnehmer gesandten Wählziffern mittels umgeordneter Impulsreihen aufgebaut werden.

Es liegen daher die genannten beachtlichen Vorschläge vor, für die Fernwahl Speicherung und Umrechnung, oder besser gesagt Umordnung, zu verwenden.

Das klassische Direktwahlsystem der Ortsamtstechnik erfüllt einerseits in seiner reinen Form keine der Bedingungen der Fernwahl. Andererseits hat man dieses System mit bestem Erfolg mit Zusätzen versehen (wie Blindbelegung, Mitlaufwerke usw.), die einen Netzgruppenverkehr, der ja die kleinste Einheit der Landesfernwahl darstellt, gestatten. Erwähnt sei jedoch, daß z. B. die Blindbelegung in einer verhältnismäßig kleinen Netzgruppe noch tragbar wäre, in der Landesfernwahl zu folgender Konsequenz führen würde:

Ein Teilnehmer des Ortes Kreßbronn (Ort am Bodensee) wünscht einen Teilnehmer des Ortes Hergensweiler. Der Teilnehmer wählt die Verkehrsausscheidungsziffer

„0“ als Zeichen, daß er ein Ferngespräch wünscht. Damit wird eine Leitung selbsttätig von Kreßbronn nach Lindau, von Lindau nach Konstanz, von Konstanz nach Stuttgart durchgeschaltet. Wählt jetzt der Teilnehmer die ersten zwei Ziffern, dann wird die Verbindungsleitung Stuttgart—Konstanz frei. Wählt er die 3. Ziffer, dann wird die Verbindungsleitung Konstanz—Lindau wieder aufgelöst. Wählt er die 4. Ziffer, so wird er über Lindau mit Hergensweiler verbunden. Man erkennt sofort, daß die Blindbelegung, die dem direkten Wahlsystem grundsätzlich anhaftet (denn ein direktes Wahlsystem mit Speichern oder Impulswiederholern ist kein direktes Wahlsystem mehr), in kleinen Netzgruppen noch vertreten werden könnte, bei der Landesfernwahl nicht.

Das Bild 1 zeigt prinzipielle Darstellungen der vorgeschlagenen Fernwahlsysteme chronologisch geordnet.

Es sind dies:

Vorschlag 1: Das Direktwahlsystem mit den Einrichtungen, wie sie vom Netzgruppenverkehr aus bekannt sind, von Siemens & Halske.

Vorschlag 2: Das Zwischenspeicherverfahren von Firma Telefonbau und Normalzeit vorgeschlagen.

Vorschlag 3: Das Stafettenwahlsystem, wie es von Mix & Genest vorgeschlagen wurde.

Vorschlag 4: Es wurde dann von Siemens & Halske vorgeschlagen, das Direktwahlsystem mit Impulswiederholern zu versehen. Hierdurch ergeben sich Möglichkeiten, die Blindbelegung weitestgehend einzuschränken. (In der Literatur ist dieses System nicht bekanntgemacht worden.)

Vorschlag 5: Das Richtungsvorwahlverfahren, wie es vom FTZ vorgeschlagen wurde.

Vorschlag 6: Gesteuerte Kennzahlwiederholung, wie sie von Siemens & Halske vorgeschlagen wurde.

An Hand dieser Darstellungen sei der prinzipielle Verbindungsaufbau bei den einzelnen Systemen kurz erläutert:

1. Beim Direktwahlsystem von Siemens & Halske wird durch Wahl der Ausscheidungsziffer 0 vom I.GW des betreffenden Endamtes über (im Beispiel) Knotenamt, Hauptamt bis zum Zentralamt durchgeschaltet. Wird ein fremdes Zentralamt oder ein in einem fremden Zentralamtsbereich liegendes Amt gewünscht, geht der Verbindungsaufbau in gleicher Weise vor sich wie im Ortsverkehr. Wird ein Hauptamt, Knotenamt oder Endamt des eigenen Bezirkes gewählt, so müßte theoretisch über den Gruppenwähler im Zentralamt der gleiche Verbindungsaufbau rückwärts erfolgen; sagen wir, würde z. B. das gleiche Endamt verlangt, so würde bei normalem Direktwahlsystem der Sprechweg von einem Teilnehmer zum andern über Endamt, Knotenamt, Hauptamt, Zentralamt zurück über das gleiche Hauptamt, Knotenamt zum Endamt aufgebaut werden. Da die doppelte Belegung der Leitung bei einem internen Gespräch selbstverständlich wirtschaftlich nicht gerechtfertigt ist, wird durch Mitlaufwerke, die sich also in allen Durchgangsstellen befinden, festgestellt, ob das betreffende Leitungsstück nicht durch einen Umsteuerwähler freigegeben werden kann, und im vorliegenden Fall wird dann bei jeder Wahlserie ein Leitungsabschnitt freigegeben, bis der Abzweigpunkt erreicht ist, der benötigt wird. (Seit Beginn der Entwicklung der Fernwahl in Deutschland bekannt.)
2. Das System von Telefonbau und Normalzeit sieht im Prinzip Direktwahl vor, wobei jedoch, vor allem um die Freiwahlzeiten bis zum Hauptamt bzw. Zentralamt sicherzustellen, in jeder Stufe Impulserneuerer vorgesehen sind, die einmal die Impulse neu korrigieren, zum andern und als Wichtigstes mit Sicherheit

die Durchschaltung durch die einzelnen Freiwahlstufen ohne Wähler mit Voreinstellung gestatten. Besonders in der Zentralamtsnetzebene werden darüber hinaus zum Zwecke des Umwegverkehrs Weichen vorgesehen und in speziellen Fällen Speicher. Ein beachtlicher Vorschlag bei diesem System besteht darin, Wege, deren folgender Abschnitt belegt ist, rückwärts so zu kennzeichnen, daß der Versuch einer Verbindung in dieser Richtung erst gar nicht vorgenommen wird. (Prof. Dr. Martin Hebel „Planungsvorschläge zum Wiederaufbau des deutschen Fernsprechnetzes“ FTZ, Heft 7, 1948, Seite 175.)

3. Beim Stafettenwahlsystem von Mix & Genest wird die Ortsrufnummer in einen Speicher gegeben. Dieser veranlaßt den ihm zugeteilten Richtungswähler, eine Leitung in der Richtung auszusuchen, in der das gewünschte Amt entweder direkt oder über mehrere Ämter angeschlossen ist. Nachdem diese Einstellung erfolgt ist, wird die Rufnummer zum nächsten Amt weitergegeben und hier gespeichert. Der Richtungswähler dieses Amtes sucht eine freie Leitung in der Richtung, die das gewünschte Amt auf dem kürzesten Wege erreichen läßt, und speichert dann die Nummer zum nächsten Amt weiter usw. (A. Mehliß „Ein Beitrag zur Lösung des Fernwählverkehrs in größten Fernsprechnetzen“ AEU Heft 6, 1948, Seite 245 und A. Mehliß FTZ Heft 1, 1949, Seite 27 Buch- und Zeitschriftenlese.)
4. Der Vorschlag von Siemens & Halske, Impulswiederholer zu verwenden, um Blindbelegungen zu vermeiden, sieht sogenannte Dial-Repeater vor, derart, daß die Impulse gespeichert und nun so verzögert werden, daß dadurch Blindbelegungen vermieden werden. (Noch nicht veröffentlicht.)
5. Das Richtungsvorwahlverfahren, FTZ-Vorschlag, hat Speicher am Anfang und sonst Wähler normalen Verbindungsaufbaues. Dem Speicher am Anfang werden alle möglichen Wege bzw. Querverbindungen mitgegeben, so daß er von sich aus nicht die gleichen Nummern wieder weitergibt, wie z. B. beim Stafettenwahlsystem, sondern eine andere Zusammensetzung der Nummern bzw. Wiederholung von Impulsserien. (Dr. R. Führer „Ein Fernwahlsystem mit Richtungsvorwahl“ FTZ Heft 10, 1950, Seite 365.)
6. Die gesteuerte Kennzifferwahl, Vorschlag Siemens & Halske, hat Speicher am Anfang und ebenfalls Markierung wie das Stafettenwahlsystem. Der Unterschied besteht darin, daß die in der nächsten Stufe benötigten Nummern nicht von diesen aus weitergegeben werden, sondern durch Rückimpulse (in speziellen Fällen einer verschiedenen Zahl von Rückimpulsen) beim ersten Speicher immer wieder angefordert werden. (E. Hettwig und H. Töpfer „Steuerfernwahl, ein Fernwählsystem mit gesteuerter Kennzahlwiederholung“ FTZ Heft 6, 1951, Seite 262.)

Man kann nun eine große Zahl von Forderungen aufstellen, die von einem Fernwahlsystem erfüllt werden sollen, und die Frage ist nur, welche Forderungen haben ein so großes Gewicht, daß sich dafür ein wirtschaftlicher Aufwand lohnt. Bei den folgenden Forderungen soll dabei nicht darüber entschieden werden, inwieweit die einzelnen Forderungen berechtigt sind, sondern nur, von welchen Systemvorschlägen sie erfüllt werden. Das ergibt folgendes Bild:

1. Ein Fernwahlsystem muß eine einheitliche Rufnummernvergebung erlauben, ohne daß alle Orte vollkommen miteinander vermascht werden müßten, wie z. B. im Ortsverkehr.
Alle Systemvorschläge erfüllen diese Forderung.
2. Keine Blindbelegung während des Verbindungsaufbaues. Die Systemvorschläge 3, 4, 5, 6 erfüllen diese Forderung.

3. Kürzeste Verbindungsaufbauzeit.
Hierbei ist zu unterscheiden:
 - a) vom Standpunkt des Teilnehmers aus psychologisch gesehen):
Kürzeste Wartezeit am Telefonapparat.
Der Systemvorschlag 1 erfüllt diese Forderung am vollkommensten, alle andern Systemvorschläge benötigen eine vom Bruchteil einer Sekunde bis zu mehreren Sekunden längere Verbindungsaufbauzeit.
 - b) vom Standpunkt der Leitungsausnutzung aus:
Kürzeste Leitungsbelegungszeit während der Verbindungsaufbauzeit.
Hier ergibt sich (geschätzt) folgende Rangordnung: Systemvorschlag 5, 3, 6, 1, 2, 4.
4. Beliebige Querverbindungen.
Wird erfüllt von 1—6 mit verschiedenem Aufwand, jedoch von 1, 2 und 4 mit Einschränkungen.
5. Querverbindungen als Leitwege, d. h. Verbindungsaufbau über mehrere hintereinandergeschaltete Querverbindungen.
Wird erfüllt von 3 und 6.
6. Leichte Anpassung an Verkehrsschwankungen, die Leitwegänderungen bedingen, und zwar
 - a) normale Schwankungen um den Jahresdurchschnitt.
 - b) Schwankungen auf Grund besonderer Ereignisse z. B. Olympiade in Garmisch-Partenkirchen.
 - c) Änderung der Verkehrsinteressen von Dauer, z. B. Regierungsverlegung von Frankfurt nach Bonn.
Wird erfüllt von 3 und 6. Mit Einschränkung von 5.
7. Möglichkeit beliebiger Bündelgrößen und hierdurch bedingte Freiwahlzeiten.
Wird von 3 erfüllt.
8. Dauerndes Suchen (Wartezeitverkehr).
Wird von 3 erfüllt.
9. Beliebige Netzgestaltung, unabhängig von der Sternvorstellung Endamt, Knotenamt, Hauptamt, Zentralamt.
Wird von 3 erfüllt.
10. Möglichkeit der Leitwegänderung.
Wird erfüllt von 3, 5 und 6.
11. Leitwegänderung soll nur Änderung in dem Amt erfordern, von dem der neue Weg ausgeht (Umrangierung von Speichern).
Wird erfüllt von 3 und 6.
12. Beliebige Zahl von Orten um einen Knoten (z. B. mehr als 10 Endämter an 1 Knotenamt usw.). Lückenlose Ortsrufnummernvergebung.
Wird erfüllt von 3. Mit Einschränkung von 5 und 6.
13. Auswahl von Leitungen mit verschiedenen Übertragungseigenschaften. Z. B. können beim Endverkehr zum Knotenamt Leitungen mit höherer Dämpfung verwendet werden als beim Endverkehr zum Endamt.
Wird erfüllt von 3; 5 und 6 teilweise.
14. Aus Gründen der Betriebspflege weitestgehende Unabhängigkeit der Ämter voneinander. Der Verbindungsaufbau innerhalb eines Fernwählamtes soll möglichst wenig von Kriterien — umgeschlüsselten Impulsserien, Anforderungskennzeichen — anderer Ämter abhängig sein, um den Verbindungsaufbau klar übersehen zu können.
Wird erfüllt von 1, 2, 3 und 4, mit Einschränkung von 5.
15. Rückwärtige Signalisierung des Belegtseins entfernter Leitungsabschnitte zum Zielort, damit nicht der Verbindungsaufbau unterwegs wegen Mangels an Wegen steckenbleibt, obwohl andere Leitwege frei wären.
Wird erfüllt von 2, teilweise durch Rückauslösung von 3.
16. Weiterleitung der Impulse mit höherer Geschwindigkeit bzw. in Codeform von Leitungsabschnitt zu Leitungsabschnitt ohne Zwischenübertragungen.
Wird von 3 erfüllt.
17. Verwendung von normalen Wählstufen der Ortsamtstechnik im Zuge des Verbindungsaufbaues.
Wird von 5 erfüllt.
18. Orientierung des Teilnehmers durch eine Ortsansage nach Wahl der Ortskennziffer. Hierbei ist zu unterscheiden:
 - a) Zum Zwecke der Teilnehmerorientierung. Frühzeitiges Erkennen von Falschwahlen, Verständigungsgüte, Irrtum in der Ortsrufnummer usw. Vorgeschlagen in Systemvorschlag 3, möglich in Systemvorschlag 1, 4, 5 und 6. In Systemvorschlag 2 prinzipiell auch möglich, jedoch nicht aus technischen Gründen.
 - b) Zum Zwecke der Einsparung von Speichermitteln. Vorgeschlagen in Systemvorschlag 3. Möglich in den Systemen mit Speichern, Systemvorschläge 3, 5 und 6. (Die Verlängerung der Verbindungsaufbauzeit durch die Ortsansage, also Nichterfüllung der Forderung 3, ist z. Z. noch umstritten, da der Teilnehmer erfahrungsgemäß auch sonst Pausen während der Wahlserien einlegt.)
19. Gebührenerfassung nach Zeit und Zone.
Diese wichtigste Forderung wird und muß von allen Systemen erfüllt werden.
Systemvorschläge 1, 3, 4, 5 und 6 erfüllen diese Forderung durch Zählstromstöße auf den Teilnehmerzähler während des Gesprächs. Systemvorschlag 2 durch Gebührenzetteldrucker.
Die wirtschaftliche Frage ist hier gravierend. Da die Gebührenerfassung zum mindesten Speicherung der Ortsrufnummer voraussetzt, ist sie in allen Speichersystemen mit dieser vereinigt. Der Systemvorschlag 3 sah die Möglichkeit der Trennung des Netzgruppenverkehrs und Fernverkehrs durch zwei verschiedene Ausscheidungsziffern vor, um innerhalb des Netzgruppenverkehrs Feinverzonung, im Fernverkehr Grobverzonung in einfacher Weise zu ermöglichen.
Selbstverständlich kann man einige Forderungen mehr hervorheben, auf andere Forderungen verzichten. Man kann z. B. sagen, es werden die Kabeladern mit nicht ausreichenden Dämpfungswerten überhaupt nicht benutzt. Ähnliche Möglichkeiten gibt es bei allen Forderungen. Je mehr Forderungen erfüllt werden, um so teurer ist in der Vielzahl der Fälle ein System, und die wichtigste Frage ist, den richtigen Mittelweg zwischen der anzustrebenden Vollkommenheit und dem hierfür nötigen wirtschaftlichen Aufwand zu finden. Zu berücksichtigen ist bei allen Überlegungen, daß mit der Entscheidung über die zukünftige Landesfernwahl die Technik für die nächsten Jahrzehnte festgelegt wird, wobei wahrscheinlich mit einer Verdoppelung bis Verdreifachung der Teilnehmeranschlüsse und der Verkehrswerte gerechnet werden muß. Es ist in diesem Zeitraum darüber hinaus auch ohne weiteres möglich, daß größte Verkehrsverlagerungen vorkommen werden. Ein für das ganze Land gültiges Fernwahlsystem muß also diesen Möglichkeiten Rechnung tragen und darf außerdem jeder Weiterentwicklung der Technik nicht hemmend im Wege stehen.

Aussprache

Herr M. Hebel, Hechendorf a. P.: Blindbelegungen sind vom wirtschaftlichen Standpunkt aus genau so zu bewerten wie Verlustbelegungen allgemein. Wenn also an Stelle von Mitlaufwerken in den Knotenämtern Speicher für Zwischenspeicherung angewandt werden, so wird z. B. vermieden, daß bei 20 % Überbrückungsfällen auf den Leitungen Knotenamt—Hauptamt zu 80 % Nutzbelegungen von etwa 4 min Dauer zusätzlich 20 % Blind-

belegungen von 3 bis 4 s Dauer hinzukommen. Dafür wird aber jede Verbindung um den Zeitbedarf für die Speicherung von 3 bis 4 s verlängert, also bei 100 % der Belegungen je 3 s Verlustbelegung in Kauf genommen. Wo nicht die Überbrückungsfälle erheblich überwiegen, ist die Blindbelegung billiger und vermeidet die Verzögerung des Verbindungsaufbaues. Zusammen mit dem gesteuerten Überbrückungsverkehr gestattet sie jede beliebige Ausnutzung von Querverbindungsfällen. Die Leitung Knotenamt—Hauptamt ist zwar meist länger als die Leitung Knotenamt—Endamt, letztere ist aber wegen des kleineren Leitungsbündels spezifisch teurer, so daß, abgesehen von den Apparatkosten, schon die Kosten für die Zeiteinheit der Belegung einer Verbindungsleitung Endamt—Knotenamt und Knotenamt—Hauptamt ungefähr gleich werden.

Vortragender: Man muß bei der Frage der Blindbelegung bei Speichersystemen unterscheiden zwischen dem Abschnitt vom Teilnehmer (Quelle) zum Speicher und vom Speicher bis zum gewählten Ort bzw. Teilnehmer. Die Blindbelegungszeit vom Speicher aus weiterschreitend, ist kürzer als bei direkten Wahlsystemen. Einmal wirkt sich die Wartezeit von seiten des Teilnehmers zwischen Wahl der Ausscheidungsziffer und der Ortsrufnummer nicht auf die weiteren Leitungsabschnitte aus, zum anderen gelangen irrtümliche Belegungen nur bis zum Speicher. Die Blindbelegungszeit für den Abschnitt Endamt—Knotenamt, falls der Speicher im Knotenamt aufgestellt ist, wird nicht immer um 3 bis 4 s verlängert, entscheidend ist, welcher Weg eingeschlagen wird. Werden direkte Querverbindungen angesteuert, so beträgt die Blindbelegungszeit 0 Sekunden und steigt bis zu höchstens 3 bis 4 s, wenn der Regelweg zum Verbindungsaufbau herangezogen wird. Diese größte Zeit wird jedoch nur dann benötigt, wenn von Endamt über Knotenamt, Hauptamt, Zentralamt, fremdes Zentralamt, Hauptamt, Knotenamt vermittelt wird.

Eine Blindbelegung im klassischen Sinne, nämlich derart, daß eine Leitung während des Verbindungsaufbaus belegt wird, um nachher wieder freigegeben zu werden, tritt ja im Speichersystem grundsätzlich nicht auf. Man muß also hier nicht von Blindbelegung, sondern von einer Verlängerung der Verbindungsaufbauzeit sprechen.

Durch diese Verlängerung der Verbindungsaufbauzeit wird aber eine Leistungssteigerung durch bessere Leitungsausnutzung erreicht, so daß die Gesamtleistung der Leitung nicht nur die gleiche ist wie beim Direktwahlsystem, sondern durch die Möglichkeit der Zusammenführung einzelner Verkehrsflüsse sogar größer wird. Bei gesondert gelagerten Fällen Endamt—Knotenamt können sogar die Speicher in das Endamt verlegt werden.

Herr A. Popp, Wuppertal: Der Ausbau von Querverbindungen könnte nach den Beispielen des Herrn Vortragenden dazu führen, daß ein Teilnehmer, welcher das Netz und seine Aufbaumöglichkeiten kennt, im Ausgangsendamt an Stelle der stark belegten Verbindungen zu einem fremden Knoten- oder Endamt mit Hilfe der Speicherung weniger benutzte Querverbindungen belegt, um auf diese Weise sicherer den gewünschten Knoten zu erreichen. Die Erfahrungen im Großnetz der Deutschen Bundesbahn dienen hier als Beispiel. Es würde auf diese Weise eine unerwünschte und vorher nicht errechenbare Verlagerung des Verkehrs entstehen.

Vortragender: Bei dem bei der Bundesbahn verwendeten Leitwegsystem ist eine solche vom Teilnehmer gewollte Verkehrslenkung möglich. Beim Speichersystem, welches den Verbindungsaufbau unabhängig vom Teilnehmer über die ihm durch Rangierung zugeordneten Wege selbst herstellt, kann der Teilnehmer die Leitwege nicht beeinflussen. Er erreicht grundsätzlich das gewünschte Amt und erhält nur von diesem die Ansage. Eine Weiterwahl ist nur innerhalb des angesagten Amtes möglich, nicht aber darüber hinaus.

Eingliederung des handbedienten Fernverkehrs in ein zukünftiges Fernwählnetz

Von M. Hebel

Wenn etwa bis zum Jahre 1923 die Abwicklung des Fernverkehrs ausschließlich der Schrankbeamtin des Fernamtes vorbehalten war, so vollzieht sich seit 25 Jahren mit der Einführung des Selbstwählfernverkehrs eine immer stärkere Abspaltung der durch Selbstwahl hergestellten Verbindungsfälle, die erst nur für den Nahverkehr vorgesehen, heute vielfach bereits bis zu 100 km ausgedehnt und in vielen Ländern schon über die ganze Landesfläche hin möglich sind. Die für die Zukunft geplante Durchführung einer vollautomatischen Fernwählmöglichkeit quer durch ganz Deutschland, also eines sog. Landeswählnetzes, würde den handbedienten Fernverkehr praktisch im Innern des Landes völlig überflüssig machen. Es bliebe dann nur der internationale Verkehr der Schrankvermittlung vorbehalten, und zwar der über die Landesgrenzen gehende Nachbarverkehr als überwiegender Verkehrsanteil, und daneben der internationale Weltverkehr.

Mit der Errichtung der ersten Netzgruppen war man sich schon darüber klar, daß nur noch die Hauptämter handbediente Fernämter behalten sollten. So wurde schon mit der ersten Ausbaustufe die Zahl der Fernämter auf den 25. bis 40. Teil der im handbedienten Netz vorhandenen vermindert. Zugleich wurde in diesen im Mittelpunkt der Netzgruppe gelegenen Fernämtern der gesamte über das Gebiet hinausgehende Fernverkehr zusammengefaßt, was vom betriebstechnischen, personaltechnischen wie vom Übertragungstechnischen Standpunkt aus gleich vünschenswert war.

Für das künftig geplante Landeswählnetz ergibt sich eine Aufteilung in Netzebenen des Weltverkehrs derart,

daß der Knotenamtsbereich der Ebene des Endfernantes, der Netzgruppenbereich der Ebene eines Verteilerfernantes, der Zentralamtsbereich der Ebene eines Durchgangsfernantes entspricht. Dabei wird also das Endfernamt kein handbedientes Fernamt mehr sein, sondern nur eine letzte Schaltungs- und Verknotungsstelle im Regelaufbau des Fernwählnetzes.

Entscheidend für die Frage, ob etwa nur noch die Durchgangsfernämter handbediente Fernämter behalten sollen oder alle Netzgruppenhauptämter, ist daher die Annahme, ob innerhalb des Landesnetzes von der Möglichkeit der grundsätzlichen hundertprozentigen Fernwahl so allgemein Gebrauch gemacht wird, daß auf eine Bereitstellung einer Schrankvermittlung als aushilfsweise Betriebsform verzichtet werden kann. Es wird von einer gewissen Erziehung des Teilnehmers abhängen, ob er auch seltene Verbindungen eventuell über größte Entfernungen selbst wählt. Auch Tarifmaßnahmen können die für die Verwaltung wünschenswerte Selbstwahl begünstigen. Würde man annehmen, daß man vollkommene Selbstwahl erreichen kann, so könnten in den Hauptämtern später die handbedienten Fernämter stillgelegt werden. Nur die in den Zentralämtern gelegenen Fernämter wären noch für alle Zukunft für den internationalen Verkehr, insbesondere für den über die Grenze gehenden Verkehr beansprucht. Soweit im internationalen Nachbarverkehr ankommende halbautomatische Fernwahl verwendet wird, entfällt auch hierfür der Schrankanteil. Solche Fernämter in Zentralämtern, die wir vielleicht als Fernämter erster Klasse bezeichnen, würden also etwa 10...14 in einem künftigen

Landeswählnetz erhalten bleiben. Ob für 80...90 weitere Netzgruppenhauptämter Fernämter zweiter Klasse errichtet werden, ist eine Frage der dort verbleibenden Vermittlungsaufgaben. Sicher ist, daß man einen großen Teil während der verkehrsschwachen Zeit wird schließen können. Aber für den Rest ihrer Tätigkeit muß man sich zunächst darüber klar sein, welche Verbindungsfälle noch zu bewältigen bleiben, ehe man über die zweckmäßigste Form der Eingliederung und Ausgestaltung sprechen kann.

Neben den besonderen Verkehrsfällen, wie Nachrichtengespräche, Voranmeldungen, Herbeiholungen, Gespräche mit Bezahlung durch den Gerufenen, bleibt der große und überwiegende Anteil jener Fälle, wo der Teilnehmer an sich wählen könnte, aber aus irgendeinem Grund vorzieht, über den Schrank zu gehen. Meines Erachtens liegt hierin das Kernproblem für die ganze Zukunftsplanung der Fernämter hinsichtlich der Zahl, der örtlichen Aufteilung, aber auch hinsichtlich der Ausgestaltung. Geht man davon aus, daß man dem Teilnehmer etwa nach dem Grundsatz vom Dienst am Kunden freistellt, durch Wahl von 00 einen Schrank zu erreichen, der die Verbindung im gleichen Wählnetz mit der gleichen selbsttätigen Gebührenerfassung wie ein selbstgewähltes Gespräch herstellt, so wird sich gewiß ein mit der Entfernung anwachsender Prozentsatz von Gesprächen ergeben, die den Hauptverkehrsanteil der am Sitz der Netzgruppenhauptämter verbleibenden Fernämter ausmachen würden. Ich habe den Ausdruck Doppelbetriebssystem vorgeschlagen für eine Eingliederung dieses Verkehrs in der Weise, daß völlig unabhängig von der Entfernung die Benützung der gleichen Wählergassen und Gebührenerfassungseinrichtung die Ausnützung sämtlicher Überbrückungs- und Querverbindungsfälle auch bei dieser Verkehrsform gewahrt bleibt und die Beamtin nach Wahl der letzten Ziffer aus der Verbindung heraustritt, die dann wie eine vollautomatische zu Ende geführt wird. Es ist angenommen, daß neben den 80...90 Prozent umfassenden Regelverkehrsbeziehungen der Teilnehmer etwa 10 Prozent seltener Benützungsfälle anfallen, wo Ausländer oder des Telefonierens unkundige Personen mit der Selbstwahl nicht zurechtkommen. Dabei muß man daran denken, daß die amtlichen Fernsprechtbücher je auf den Postdirektionsbereich beschränkt bleiben und daß man zwar in sämtlichen alle Kennzahlen des Landeswählnetzes bekanntgeben wird, daß aber doch vielfach die Ortsrufnummer des Teilnehmers nicht nachgeschlagen werden kann. Hier verwächst also die Herstellung solcher Selbstwählverbindungen aufs engste mit einer raschen Auskunftserteilung, und Leitungs- und Personalausnützung werden im höchsten Maße davon abhängig, daß man diesen Auskunftsdienst in zweckmäßigster Weise in den verbleibenden Schrankferntrieb eingliedert. Schnelles Auffinden der gewünschten Rufnummer und Kennzahl bedeutet unmittelbar Steigerung in der Ausnützung dieser Einrichtungen.

Daneben kann daran gedacht werden, diesen schrankvermittelten Rest des Fernbetriebes auch gegen eine höhere Gebühr mit Aufschaltmöglichkeit abzuwickeln, damit wichtige Teilnehmeranschlüsse, die im Sonderfalle häufig besetzt gefunden werden, auf diese Weise zugänglich gemacht werden können. Auch dieser Aufschaltfernverkehr könnte trotz der erhöhten Gebühr mit selbsttätiger Gebührenerfassung abgewickelt werden, so daß auch hier die Beamtin nach Eintastung der letzten Zahl nach vollzogener Aufschaltung, sobald diese zum Erfolg führt und das bevorzugte Gespräch begonnen hat, die Zeitschalteinrichtung in Tätigkeit setzen und dann für immer aus der Verbindung austreten könnte.

Die Frage, ob die Beamtin für die Gesamtdauer der Verbindung auf 4 Minuten mit ihrem Schrankanteil in die Verbindung eingeschaltet bleiben soll oder nur für

die Aufbauzeit von durchschnittlich $\frac{1}{2}$ Minute, bestimmt die Fernamtsgröße und den Personalbedarf für diese Verkehrsfälle im Verhältnis 1 : 8, und so wäre es äußerst wünschenswert, diese Ausschaltung der Beamtin zu ermöglichen. Die Frage der Gebührenansage bei Anmeldung mit Gebühr spielt dabei eine entscheidende Rolle und müßte im Falle des Ausscheidens der Beamtin durch eine selbsttätige Gebührenansage gelöst werden, für die ich bereits ein Ansagegerät vorgeschlagen habe. Wenn man versucht, vergleichsweise die Verkehrsabwicklung in den Auskunftsfällen einmal in der Weise vorzusehen, daß die Auskunftsbeamtin oder ein von ihr im Dienstverkehr anzuschaltender weiterer Arbeitsplatz durch Eintastung der gerufenen Kennzahl und Teilnehmerrufnummer die Verbindung vollendet oder im anderen Falle der Teilnehmer nach Erhalt der Auskunft veranlaßt wird, einzuhängen und nun die Verbindung als Selbstwählverbindung anschließend herzustellen, so glaube ich auf Grund von Zeitstudien, daß die erste Form die geringeren Verlustzeiten mit sich bringen wird. Im anderen Fall muß der Teilnehmer die mitgeteilte Kennzahl und Teilnehmerrufnummer entgegennehmen, irgendwie schriftlich festhalten und dann die Verbindung erneut aufbauen. Es besteht wohl kein Zweifel, daß sich dabei leichter Mißverständnisse und Fehlverbindungen ergeben können, als wenn im Anschluß an die Auskunftserteilung die Verbindung durch die Beamtin mit der Tastatur hergestellt wird.

Die letzte Gruppe an Fernverbindungen, für die auch im Landeswählnetz eine Schrankvermittlung in Frage kommen könnte, bilden jene, wo der Teilnehmer glaubt, für sein Ferngespräch einen Einzelgesprächsbeleg fordern zu müssen. Wenn auch die summarische Zählung für Fälle des Nahverkehrs mit den dabei fällig werden den geringen Gebühren erfahrungsgemäß vollauf genügt, so wird mit zunehmender Entfernung und Gebührenhöhe die Forderung nach einem Einzelgesprächszettel zu erwarten sein. Rechtsanwälte, Spediteure und zahlreiche Geschäftsleute werden Wert darauf legen, für Ferngespräche, die sie für dritte Personen im Rahmen einer Geschäftsabwicklung geführt haben, diesen schriftlichen Beleg erbringen zu können. Hier bestünde nun die Möglichkeit, den Einzelnachweis mit dem selbsttätigen Gesprächszettdrucker bereitzustellen, der mit dem Verbindungsorgan zur Anschaltung des Fernplatzes zusammengebaut wäre. Die generelle Einführung des Zettdruckers würde ja den Einbau von Stromkreisen zur Feststellung der rufenden Nummer in allen bestehenden und hierfür zunächst nicht geeigneten Ortswähleinrichtungen verlangen. Dagegen könnte der Wunsch, gelegentlich für ein Gespräch den Einzelnachweis zu erhalten, dadurch berücksichtigt werden, daß der Teilnehmer durch Wahl von 00 oder einer anderen Anmelde- und Schnellverkehrsnummer erreicht, der auf Grund der Mitteilung des rufenden Teilnehmers dessen Kennzahl und Rufnummer zunächst eintastet, um den Gesprächszettel mit diesen Angaben zu versehen und dann Kennzahl und gerufene Teilnehmerrufnummer. Dieses Verfahren bietet zwar keine Sicherheit, daß die angegebene rufende Nummer auch richtig ist, aber das damit in Kauf genommene Risiko ist dasselbe wie in allen im Sofortverkehr hergestellten Fernverbindungen.

Wir sehen aus den angeführten Überlegungen, daß für den Aufgabenumfang insbesondere der Fernämter zweiter Klasse im künftigen Landeswählnetz einerseits eine Reihe betriebstechnischer Entscheidungen, andererseits noch ausstehende Erfahrungen über das Verhalten der Teilnehmer grundlegend sind. Erst wenn man für alle Verkehrsfälle, die im Aufgabenbereich dieser zweitrangigen Fernämter verbleiben, einigermaßen zutreffende Angaben, und zwar für die Entwicklung in der fernen Zukunft, machen kann, läßt sich für die Ausbildung der Fernämter die zweckmäßigste Form festlegen.

Keineswegs die geringste Schwierigkeit bildet dabei die Abwicklung des Übergangszustandes bis zur Verwirklichung der Landesfernwahl im ganzen Bereich, und dieser Übergangszustand wird auch in den Fernämtern zweiter Ordnung noch langsam abnehmende Vermittlungsaufgaben stellen, die durchaus für die Ausgestaltung dieser Fernämter entscheidend sein können. Es wird vor allem zu vermeiden sein, daß man für den

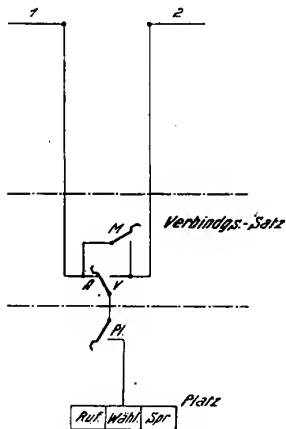


Bild 1 Führung der Fernleitung über den Fernplatz in Schleifenform

Übergangszustand Fernämter zu groß und für den Endzustand unzweckmäßig baut, vielmehr wird man, ausgehend von dem erstrebten Endzustand, versuchen, durch Anwendung von Wählkästchen, halbautomatischer Fernwahl und dgl. möglichst rasch die endgültige Netzform und möglichst angenähert die endgültige Betriebsform vorwegnehmen.

Hatte schon das Fernamt 36 die individuelle Anschaltung von Fernleitungen an einem bestimmten Arbeitsplatz für die Mehrzahl der Fernleitungen beseitigt, so wird man für diese künftigen Fernämter davon ausgehen müssen, daß die Fernleitungen und Fernverkehrswege, also insbesondere die Trägerfrequenzkanäle, in rascher Entwicklung in das Fernwählnetz eingebaut werden. Sämtliche Fernleitungen werden beiderseits an Relaisübertragungssätzen enden, die zugleich zur Umsetzung der auf dem Fernübertragungsweg verwendeten Form der Stromstöße dienen, und die heute verwendeten Tonfrequenzrufumsetzer werden Tonfrequenzwählübertrager werden, sog. TRUW, die so ausgebildet sind, daß sie auch den Aufgaben einer noch handbetriebenen Fernleitung genügen können. Wenn man den manuellen Ruf

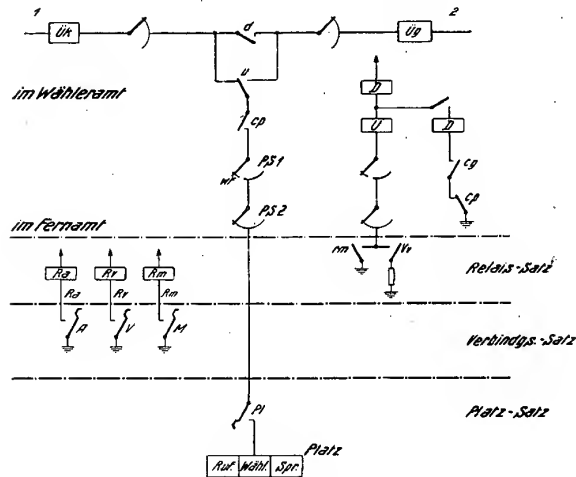


Bild 2 Anschaltung der Fernleitung an den Fernplatz über Stichleitung

mit normalen Tonfrequenzwählimpulsen, also im Rhythmus der Wählscheibenimpulse zerhackt, überträgt, können diese TRUW sofort auf die für die Fernwahl geeignete Endform gebracht werden. Damit werden die Fernleitungen, statt über die Fernschränke geschleift zu werden, Teile des selbsttätigen Fernamtes werden, welche als Netzgruppenhauptamt oder Zentralamt die Schaltstellen des Landeswählnetzes darstellen. So entsteht zwangsläufig das sog. Stichleitungsfernamt, d. h. die Verbindung zum Fernschrank wird an einer betriebstechnisch günstigen Stelle an die durchlaufende Wählverbindung angeschaltet, ähnlich wie ein Speicher oder Umrechner, und kann auch wie dieser wieder abgeschaltet werden, wenn die Vermittlungstätigkeit abgeschlossen ist.

Wenn somit nach Bild 1 die Fernleitung 1 über eine Verbindungsschiene des Platzes geschleift wurde, um hier mit Hilfe von Schlüsselstellung A = Abfragen, V = Verbinden, M = Durchschaltung und Mitsprechen mit einer weiterführenden Leitung 2 durchverbunden zu werden, so wird man künftig nach Bild 2 in die durchlaufende Wählverbindung, die bei 1 mit einem ankommenden Übertrager Uk in das Hauptamt oder Zentralamt einmündet, einen Kontaktsatz eingliedern, der an der schaltungstechnisch günstigsten Stelle den Anschluß der Verbindungsschiene eines Fernplatzes gestattet und die getrennte Behandlung der Verbindungsseiten über die Stellung eines Umschaltkontaktes u und die Durchschaltung über einen Kontakt d ermöglicht, worauf die Leitung über weitere Wählerglieder und einen abge-

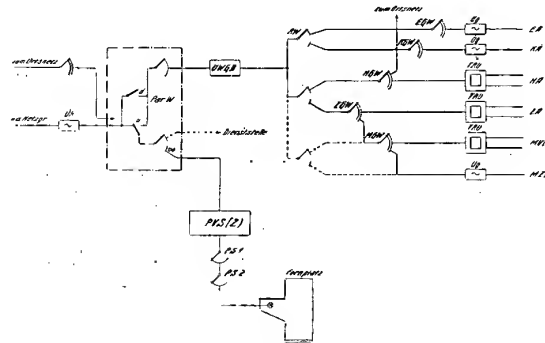


Bild 3 Eingliederung des Stichleitungsfernammtes in das Landeswählnetz

henden Übertrager Ug in Richtung des Kanals 2 zur gerufenen Verbindungshälfte weiterführt. Es zeigt sich, daß zur getrennten Behandlung der Verbindungsseiten ein einziges Umschalterelais U und zur Durchverbinding ein weiteres Relais D genügt, die beide in Reihe zueinander liegen und mit Stromstufe erregt werden. Dadurch kann man in der Stichleitung über einen zusätzlichen Wählerarm die beiden Relais abhängig von Schlüsselstellungen der Verbindungsschiene erregen und kann die sonst in der Verbindungsschnur liegende Schaltstelle zur getrennten Behandlung der Verbindungshälften und zur endgültigen Durchschaltung so in die durchlaufende Verbindung einsetzen, daß diese keinen Umweg zu machen braucht. Es ist also praktisch gesprochen nicht mehr nötig, daß die Fernleitung der Schaltstelle in der Verbindungsschiene nachläuft, wie dies bisher der Fall war. Man wird in einem künftigen Fernamt dem Schlüssel nur möglichst einen an Erde liegenden Kontakt geben und damit die in einem Relaisgestell zusammengefaßten Relais steuern, deren Kontakte in auswechselbaren Relaisätzen gelegen die einzelnen Stromkreise für abgehende und ankommende Rufe über die Stichleitung beeinflussen. Damit ist der elektrische Aufwand im Fernplatz auf ein Minimum reduziert und Störungen in diesem schwer zugänglichen Teil sind so gut wie ausgeschaltet. Mit Hilfe von auswechselbaren Re-

laissätzen können sich auch spätere Änderungs- und Anpassungsmaßnahmen für den Übergangszustand des Fernbetriebes im Relaisgestell vollziehen, ohne daß der eigentliche Fernbetrieb dadurch betroffen wird.

Bild 3 zeigt sodann die gedachte Einschaltung des Fernplatzes in ein Landeswählnetz; die durch den u- und d-Kontakt gesteuerte Trennstelle für die Verbindungshälften wird in einen sog. Parallelwähler gelegt, den die aus dem Ortsnetz wie aus der Netzgruppe kommenden Verbindungen nach Wahl von 00 auf den Fernplatz einstellen. Dieser Parallelwähler kann — und deshalb sein Name — parallel zueinander eine weiterführende Verbindung über einen Suchwählerausgang einstellen und zugleich über den anderen Suchwähler und einen Platzverbindungssatz PVS die Stichleitung an ein freies Organ eines Fernplatzes anschalten. Dazu sind in die Stichleitung 2 in Reihe liegende Platzsuchwähler PS 1 und PS 2 eingefügt, der erste von der Nullstellung ausgehend, der zweite ohne besondere Nullstellung schrittweise weiterschaltend. Die ersten Kontakte des Platzsuchers 1 sind zunächst unterbrochen, solange noch ein freier Ausgang zu einer Vermittlungsschiene bereitsteht. Sind alle Vermittlungsschienen belegt, so wird der letzte dieser Vorkontakte im c-Ast durchgeschaltet und die nächst folgende Verbindung läuft auf diesen Ausgang auf, wobei der Teilnehmer das Freizeichen erhält. Zugleich wird dadurch der c-Ast des vorgeordneten Kontaktes durchgeschaltet, so daß die weiteren Anrufe unter Abgabe des Freizeichens der Reihe nach an den Kontaktausgängen der Vorkontakte des PS 1 aufgereiht werden. Beim Freiwerden einer Vermittlungsschiene rücken sie in der Reihenfolge ihres Eintreffens nach. Wenn mehr als 5 derartige Anrufe warten, wird man weiteren das Besetztszeichen geben und zugleich ein Signal für verstärkte Platzbesetzung veranlassen. Der PS 2 soll über die weiteren Kontakte des PS 1 belegt, in vollkommener Mischung und durch die schrittweise Weiterschaltung in gleichmäßiger Verteilung die Anrufe auf die Verbindungsschienen der Fernplätze übertragen. Der Fernplatz kann über den Parallelwähler unter Benützung einer Tastatur die rechte Verbindungshälfte über den Umsteuerwähler UWGD des Hauptamtes und den dahinter liegenden Richtungswähler aufbauen, so daß je nach der Lage des gerufenen Teilnehmers ein direkt angeschlossenes Endamt, ein Knotenamt der eigenen Netzgruppe, ein Hauptamt einer Nachbarnetzgruppe oder das zugehörige Zentralamt eingestellt wird. Für den Übergangszustand sollen dabei über den MGW auch noch handbediente Leitungen mit bestimmten Kennzahlen eingestellt werden, so daß sich auch der Betrieb mit diesen Leitungen organisch in den Wählbetrieb eingliedert. Soweit Vierdrahtleitungen vierdrahtmäßig durchgeschaltet werden, wird es sich empfehlen, mit den ankommenden und abgehenden Übertragern umschaltbare Gabelsätze zu verbinden, über welche die Stichleitung zweidrahtmäßig angeschlossen werden kann. Wir sehen keinen Nachteil in dieser Form der Anschaltung, erwarten aber die wirtschaftlichste und betriebssicherste Schaltungsanführung von dieser zweidrahtigen Anschaltung (Bild 4).

Mit dem Platzverbindungssatz PVS kann auch ein Zetteldrucker (Z) verbunden sein, welcher dann für die hergestellte Verbindung den Gesprächszettel ausfertigt. Hinter dem PVS kann am PS 1 sodann die Stichleitung abgetrennt werden. Wenn sich andererseits für diesen Verbindungsfall die Mehrfachzählung als ausreichend erweist, kann der untere der beiden Parallelwähler nach Eintreten des gerufenen Teilnehmers in das Gespräch auch den Platzverbindungssatz freigeben.

Soweit es sich um Rückrufverbindungen handelt, können nach Bild 5 die beiden Platzsucher auch als Anrufer wirksam werden und über einen besonderen PVS für Rückruf einen Parallelwähler ansteuern, der den Verbindungsaufbau nach beiden Verkehrsrichtungen er-

laubt. Eine besondere Haltetaste am Platz regelt die Freigabe der Stichleitung, so daß namentlich für die Übergangszeit der Fernplatz in Ausnahmefällen auch für die Gesprächsdauer angeschaltet bleiben kann. So kann über diesen Fernplatz und über die Stichleitung hinweg die Beamtin jede am heutigen Fernamt mögliche Verbindungsart abwickeln, sowohl im Sofortverkehr wie im Rückrufverkehr mit und ohne Wartezeit.

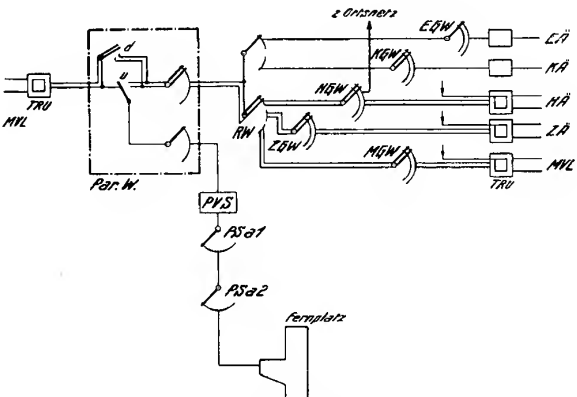


Bild 4 Anschaltung von Vierdrahtverbindungen an den Fernplatz über Stichleitung

Die erwähnte Anordnung der Stichleitung mit den beiden Platzsuchern regelt hier zugleich die Frage der Anrufverteilung. Jede Form von Anrufwiederholung würde den schaltungstechnischen Aufwand eher komplizierter gestalten und die klare Verteilung durchbrechen. Es kann für eine einwandfreie Anrufverteilung nichts erwünschter sein, als wenn sämtliche Anrufe am Eingang zum Fernamt über eine zweistufige Vorwahl in einer vollkommenen Gruppe Zugang zu sämtlichen freien Vermittlungsschienen haben. Damit dürften die beweglichste Mischung und die höchste Ausnützung gesichert sein. Daß wartende Anrufe schon am Zugang zu dieser Verteilungsstelle aufgespeichert werden, bietet den doppelten Vorteil ihrer zwangsläufig reihenweisen Erledigung und einer Anzeigemöglichkeit, welche jeweils den Belastungszustand des Fernamtes kenntlich macht. Es ist gedacht, an den Fernschranken in Form hintereinanderliegender Lampenkammern jeweils die Zahl der wartenden Anrufe unmittelbar sichtbar zu machen. Diese Form der Warteschaltung wurde im Jahre 1932 erstmals in Coburg praktisch eingeführt und hat sich ausgezeichnet bewährt.

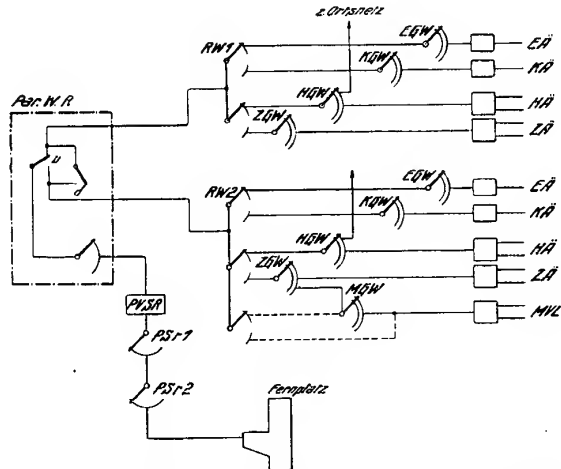


Bild 5 Rückrufverbindungen über den mit Stichleitung angeschalteten Fernplatz

Die Form des Fernplatzes wird durch die vorgeschlagene schaltungstechnische Ausführung äußerst beweglich. Bild 6 und Bild 7 sowie Bild 8 zeigen einen Vorschlag für einen Fernschrank in Seitenansicht, Vorderansicht und Draufsicht auf die Tischplatte. Es ist keineswegs notwendig, die Schrankform zu wählen, vielmehr ist eine Tischform mit niedrigem Aufbau ausreichend, wenn es aus beleuchtungstechnischen und raumakustischen Gründen erwünscht ist. Andererseits muß man sich darüber klar sein, daß für eine schnelle Abwicklung des Verkehrs über je 2 Fernplätzen eine Kennzahlenkartei eingebaut werden muß, die den Beamtinnen das schnelle Aufsuchen der jeweils erforderlichen Kennzahl gestattet. Es scheint auch, daß der Auskunftsdienst einen so wesentlichen Bestandteil des verbleibenden Vermittlungs-

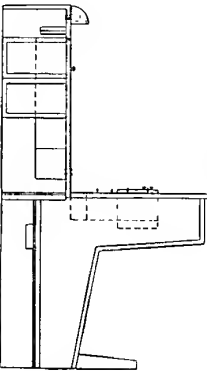


Bild 6 Schrankförmiger Sticheitungs-Fernplatz (Seitenansicht)

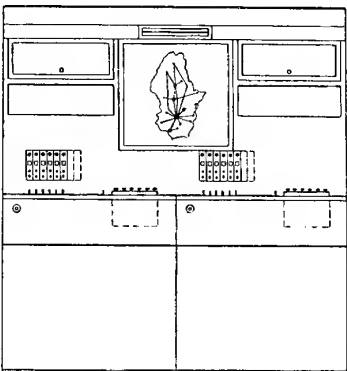


Bild 7 Schrankförmiger Sticheitungs-Fernplatz (Vorderansicht)

dienstes bilden wird, daß der Auskunftsdienst engstens mit der Vermittlung ver wächst. Es wäre noch zu prüfen, ob man die Fernplätze wenigstens zum Teil mit den Fernsprechbüchern zur Auskunftserteilung aus rüstet oder ob man, wenn dies nicht möglich ist, einen Dienstleitungsbetrieb vorsieht, über welchen die Auskunftsstelle die Angaben an Vermittlungsplätze weitergibt, während gleichzeitig durch einen Umsteuervorgang am Parallelwähler die Weiterschaltung an eine freie Vermittlungsschiene vollzogen wird.

Bei konsequenter Anwendung der selbsttätigen Gebührenerfassung erhält der Fernplatz die Rolle eines B-Platzes in einem halb selbsttätigen Wahlsystem. Jede auflaufende Verbindung kann in einem Zug erledigt werden, und dann wird die Verbindungsschiene wieder freigeschaltet. Plätze, welche ausschließlich diese Vermittlungsform anwenden, brauchen nur eine einzige Vermittlungsschiene zu erhalten, da alle Zusätze für Ge-

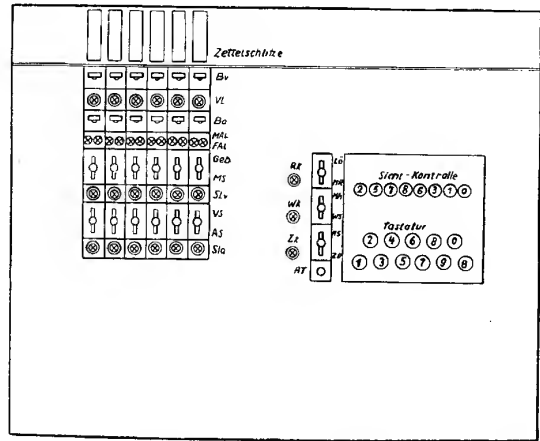


Bild 8 Schrankförmiger Sticheitungs-Fernplatz (Draufsicht)

bührenerfassung Teile der Wählverbindung geworden sind. Für Wartezeit- und Rückrufplätze und für den Übergangszustand kann man auch, wie Bild 8 dies zeigt, mehrere Vermittlungsschienen vorsehen, und dazu wird man eine Tastatur an Stelle der Wählscheibe anordnen, um die Verkehrsabwicklung zu beschleunigen. Die Firma TuN hat eben eine elektro-mechanisch arbeitende Tastatur durchkonstruiert, welche die getasteten Zahlen durch aufleuchtende Lampen an einer sog. Sichtkontrolle anzeigt, damit bei Wahl von bis zu zehnstelligen Zahlen Irrtümer vermieden werden. Besondere Zeitmeßeinrichtungen, wie sie im Aufbau des Schrankes angedeutet sind, wären dann nur erforderlich, insoweit im Übergangszustand Einrichtungen für automatische Gebührenerfassung noch nicht zur Verfügung stehen. Auch hier sollte der Grundsatz gelten, mit Errichtung eines derartigen neuzeitlichen Fernamtes die künftige Betriebsform möglichst weitgehend vorwegzunehmen und durch Verbindung des Zetteldruckers mit dem Platzverbindungssatz die Beamtin von jeder Schreibearbeit, Zeitüberwachung und das Fernamt von den Aufgaben des Zetteltransportes zu befreien. Die dadurch gewonnenen Einsparungen werden ohne weiteres die Kosten für die Schaffung selbsttätiger Gebührenerfassungseinrichtungen aufwiegen und dabei den Betrieb im Sinne der künftigen Abwicklungsform vereinheitlichen.

Sehr wertvoll erscheint es, wenn die Stromkreise für die Meldeverbindungen so ausgebildet sind, daß die ankommenden Verbindungen über einen der beiden Leitungssäste die gewählte Kennzahl in Impulsform in das Gebührenerfassungsgerät der Selbstwählverbindung rückwärts übertragen, während über den anderen der Parallelwähler durch die gleichen Stromstoßreihen die gerufene Verbindungsseite aufgebaut wird. Dann können die für den Selbstwählbetrieb vorgesehenen Zeitzone nzähler für Zählung während des Gespräches zur Gebührenerfassung herangezogen werden, und es ergibt sich eine sehr erwünschte Vereinheitlichung dieser Gebührenerfassung für Selbstwahl- und Schrankwählbetrieb, insbesondere für die Fälle, die im Doppelbetriebssystem vorgesehen sind. Zugleich kann an Hand dieser rückwärts übertragenen Stromstoßreihen eine Umsteuerung auf Querverbindungen in der ankommenden Verbindungshälfte eingeleitet werden, so daß die als voll selbsttätige zu Ende geführte Verbindung unter Umständen sogar die Leitung zum Hauptamt, in dem das Fernamt liegt, nach kurzer Blindbelegung freigeben kann.

Neben den reinen Aufgaben der Gebührenerfassung muß auch die sog. Gebührenansage organisch in den verbleibenden handbedienten Fernbetrieb eingegliedert werden. Die Anmeldung mit Gebühr bedeutet heute eine sehr teure und unwirtschaftliche Zusatzbelastung des Betriebes und wird für die Verwaltung um so kostspieliger, je mehr der Fernverkehr aus immer größer werdenden Netzgebilden zusammengefaßt wird. Eine im Sofortverkehr hergestellte Verbindung, wie sie ja in Zukunft die Regel bilden soll, fällt beim Einhängen am Gesprächsende zusammen, und dann muß die Fernbeamtin über mehrere Knotenpunkte hinweg oft über bis zu 70 km Leitungen eine unentgeltliche Verbindung neu aufbauen, um die Gebühr mitzuteilen, deren verspätete Ansage für den Benutzer unerfreuliche Wartezeiten bringt. Hier sollte die automatische Gebührenansage mit einer selbsttätigen Gebührenerfassung Hand in Hand gehen, wie ich sie auch für den voll selbsttätigen Verkehr in Ergänzung des Gebührenanzeigers vorgeschlagen habe. Wenn der Teilnehmer vor dem Einhängen nochmals die Wählscheibe ablaufen läßt, kann selbsttätig ein magnetophonisches Gebührenansagegerät veranlaßt werden, die fällig gewordene Gebühr zuzusprechen.

Dieses Gebührenansagegerät kann ähnlich wie der Zetteldrucker mit dem Platzverbindungssatz PVS verbunden werden, bis es auch in das Selbstwählnetz einzieht und dann mit den Gebührenerfassungseinrichtungen

sinngemäß verbunden wird. Nur der Einbau dieser Gebührenansageeinrichtung gibt die Möglichkeit, daß sich die Beamtin lediglich für die Dauer des Verbindungsaufbaues einschaltet, und so ist es klar, daß sie gewaltige wirtschaftliche Vorteile bringt. Aber auch schon ein Aufwandsvergleich mit der Gebührenmitteilung durch Rückruf läßt erhebliche Einsparungen erwarten. Man würde in der organischen Anwendung der selbsttätigen Gebührenerfassung im künftigen Landeswählnetz, sei es in voll-, sei es in halbautomatischer Form, eine empfindliche Lücke offenlassen, wollte man auf die Anwendung dieser selbsttätigen Gebührenerfassung verzichten. Die Zahl der Wählinpulse ist dabei zunächst freibleibend, so daß man damit noch eine weitere Unterscheidung gegenüber dem ebenfalls vorgesehenen Schrankherbeiruf treffen kann.

Wir sehen somit, daß die Durchbildung des Landeswählnetzes der künftigen Form der handbedienten Fernämter zwangsläufig eine völlig neue Gestalt geben muß und daß es bei geschickter Anordnung möglich ist, die Heranziehung der Fernplätze für den Verbindungsaufbau auf ein Mindestmaß von Zeit und Aufwand zu beschränken. Sosehr der Selbstwählbetrieb den handbedienten Fernverkehr verdrängt, verbleiben doch für diesen äußerst wichtige Verbindungsaufgaben, insbesondere für den internationalen Verkehr, und die wenigen im Landesnetz verbleibenden Fernämter werden im Übergang um so besser ihre Aufgabe erfüllen, je zweck-

mäßiger sie in das Wählnetz eingegliedert sind. Gedanken, wie ich sie hier entwickelt habe, habe ich in den letzten Wochen auch vielfach mit ausländischen Verwaltungen besprochen und namentlich in den nordischen Ländern volle Zustimmung zu diesen Vorschlägen gefunden. Der Grundsatz, das Fernamt wird nur wie ein Register an die durchlaufende Wählverbindung an geeigneter Stelle angezweigt und damit der Grundgedanke des Stichelungsfernammtes, ist überall als der richtige Weg angesehen worden.

So hoffe ich, daß diese Vorschläge und Anregungen auch in unserem deutschen Landesfernwählnetz für die geplante Weiterentwicklung dienlich sein werden.

Aussprache

Herr J. Boysen, Essen: Als Ergänzung zu den Ausführungen des Vortragenden wird auf die Verwendung eines manuellen Überlaufplatzes hingewiesen, der besonders bei kleinen Leitungsbündeln eine erheblich bessere Ausnutzung der Leitungen bzw. Spreckwege ermöglicht.

Vortragender: Die Verwendung eines handbedienten Überlaufplatzes erscheint sehr glücklich und liegt in der gleichen Richtung, wie ich mir die Eingliederung des handbedienten Fernverkehrs allgemein gedacht habe, wonach der Handbetrieb neben der Wählvermittlungstechnik jederzeit als Reserve einspringen kann.

Der Blattschreiber für das Siemens-Hell-Verfahren

Von R. Zimmermann

Als man sich vor fast zwanzig Jahren dazu entschloß, ein Gerät nach dem von Hell angegebenen Verfahren zu entwickeln, hat es wohl niemand für möglich gehalten, daß sich die Siemens-Hell-Technik innerhalb weniger Jahre über die ganze Welt ausbreiten würde. Der Grund hierfür lag wohl darin, daß einmal die Verhältnisse für die Einführung einer neuen Technik günstig waren infolge des allgemeinen Aufschwungs der Nachrichtentechnik und insbesondere der Telegrafie, wobei wiederum die drahtlose Telegrafie einen besonders großen Anteil am Weitverkehr hatte. Zum andern war gerade das neue Übertragungsverfahren besonders geeignet, die bei drahtlosen Übertragungen durch die Einflüsse des Übertragungsweges auftretenden Schwierigkeiten zu umgehen oder doch wenigstens für besondere Anwendungsgebiete stark zu verringern. Man hatte zwar auch schon damals Verfahren für das Funkfern schreiben nach dem 5er Codesystem angegeben und mit gutem Erfolg weiterentwickelt, so daß man heute in der Lage ist, Funkfern Schreibverbindungen mit großer Betriebssicherheit einzurichten. Aber bei all diesen Verfahren ist ein relativ großer Aufwand erforderlich, um die genügende Störsicherheit zu erzielen. Dies ist ohne weiteres verständlich, wenn man sich vor Augen hält, daß bei der Fernschreibmaschine jedes Zeichen durch fünf einzelne Impulse gebildet wird. Wird nun einer dieser Impulse durch die Übertragung verfälscht, so bewirkt die dadurch entstehende 5er-Kombination den Abdruck eines anderen Zeichens, ohne daß man u. U. erkennen kann, daß es falsch ist. Durch zusätzlich übertragene Impulse kann man nun derartig verfälschte Zeichen kenntlich machen, deren Abdruck verhindern oder sogar automatisch korrigieren, aber je höher man die Ansprüche stellt, um so größer ist dann auch der technische Mehraufwand, so daß man diese Verfahren im allgemeinen nur für besonders wichtige Verbindungen einsetzt, bei denen ein erhöhter Aufwand wirtschaftlich tragbar ist.

Um zu erkennen, warum das Hell-Prinzip in dieser Beziehung günstiger ist, soll das Verfahren kurz erläutert

werden. Im Grunde ist das Hell-Verfahren eine Art Bildtelegrafie, bei der vereinfachte Bilder der Buchstaben, Zahlen und Zeichen übertragen werden. Da man sich darauf beschränkt, nur die auch bei anderen Telegrafieverfahren üblichen Zeichen zu übertragen, ist es möglich, diese vereinfachten Bilder so vorzubereiten, daß sie durch Betätigung einer Tastatur oder, wie auch bei der Fern-

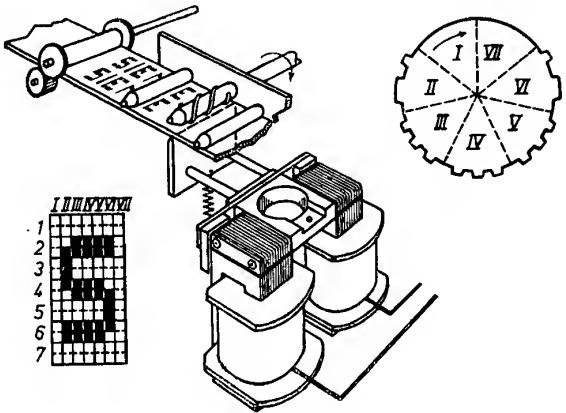


Bild 1 Prinzip des Siemens-Hell-Verfahrens

schreibmaschine üblich, durch Lochstreifensteuerung automatisch ausgesendet werden können. Wie dies geschieht, zeigt Bild 1. Das Grundraster für alle Zeichen ist einheitlich. Das Buchstabenfeld ist vertikal und horizontal in je sieben Teile geteilt, das kleinste Element bei der Übertragung ist also ein 49stel des ganzen Feldes. In dieses Raster wird nun der Buchstabe, z. B. das „S“, eingezeichnet. Denkt man sich die sieben vertikalen Streifen, die im allgemeinen der Einfachheit halber als Linien bezeichnet werden, aneinander gereiht, wie es ja auch bei der bildtelegrafischen optischen Abtastung der Fall ist,

so erhält man für jeden Buchstaben eine charakteristische Impulsserie, wobei auf den Buchstaben selbst 25 Impulse entfallen, während die restlichen 24 für die Umrandungen verwendet werden. Ein Vergleich mit dem 5er-Code der Fernschreibmaschine ergibt damit auch sofort den Grund für die erhöhte Störsicherheit beim Hell-Prinzip.

Durch die größere Anzahl von Impulsen ist nicht nur die relative Störanfälligkeit der Impulse geringer, sondern die Impulse bei der Hell-Übertragung sind außerdem bestimmten Positionen im Buchstabenfeld zugeordnet. Durch Fehlimpulse kann also kein falscher Buchstabe abgedruckt werden, sondern er kann nur verzerrt oder bei

schreiber zu schaffen. Die ersten Vorschläge wurden auch schon in den Jahren 1934—36 gemacht, jedoch wurden die Konstruktionsarbeiten immer wieder zurückgestellt. Es ist auch verständlich, daß in der Zeit kurz vor dem Kriege und während des Krieges keine Möglichkeit bestand, derartigen Problemen nachzugehen. Aber bereits kurz nach dem Kriege wurden die gleichen Wünsche wieder vorgebracht und gaben dann Veranlassung, die zurückgestellten Arbeiten wieder aufzunehmen. Das Ergebnis ist der neue Blattschreiber für das Siemens-Hell-Verfahren.

Nach anfänglichen Versuchen, auch bei diesem Gerät die Aufzeichnung wie beim Streifenschreiber mit einer Spindel vorzunehmen, ging man mit Rücksicht auf die wesentlich abweichende Aufgabenstellung bald auf eine andere Aufzeichnung über, ohne jedoch am Prinzip und an der Sendung irgend etwas zu ändern. Denn eine wichtige Forderung war, daß mit dem neuen Gerät alle bisherigen Sendungen aufnehmbar sein sollten. Schematisch ist das neue Prinzip der Aufzeichnung in Bild 2 dargestellt.

Die vom Empfänger kommenden, den einzelnen Buchstaben entsprechenden Impulse werden den beiden in Reihe geschalteten Spulen des Schreibmagneten zugeführt. Durch die Anker des Magneten werden um die Welle zwei Winkel gedreht; diese übertragen die Bewegungen des Ankers auf die Schreibleiste, die parallel zur Schreibwalze liegt. Zieht der Schreibmagnet seinen Anker an, so drückt die Schreibleiste die Schreibschneide gegen das Farbband und das dahinterliegende Papier. Läuft der Blattschreiber synchron-richtig mit dem Lochstreifengeber, so dreht sich die Schreibwalze in Pfeilrichtung genau um eine Rippenteilung weiter, während am Sender 7 Bildpunkte, d. h. eine vertikale Linie, ab-

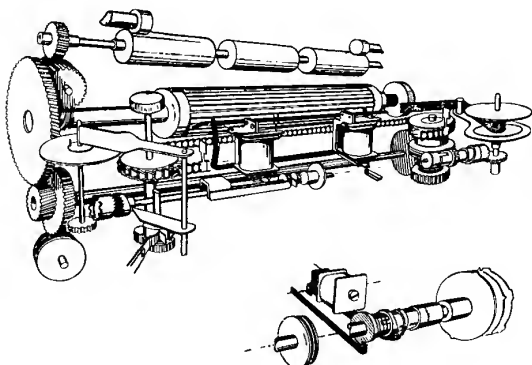


Bild 2 Prinzip der Aufzeichnung beim Blattschreiber SH

sehr starken Störungen unlesbar werden, aber die Wahrscheinlichkeit, daß ein anderer Buchstabe entsteht, ist außerordentlich klein.

Durch diese sehr große Sicherheit der Übertragung ist es möglich, auf allen zusätzlichen Aufwand zu verzichten, so daß außer dem eigentlichen Schreiber nur noch ein Funkempfänger erforderlich ist, der allerdings einen Gleichstromausgang zur Betätigung des Schreibers haben muß.

Als Schreiber hat sich durch all die Jahre der in seiner Konstruktion außerordentlich einfache Streifenschreiber in der ganzen Welt bewährt. Die Aufzeichnung erfolgt bei diesem Gerät in der bekannten Weise mit einer Spindel, die sich während der Abtastung einer vertikalen Linie einmal umdreht, wie aus Bild 1 ersichtlich ist. Dadurch, daß man die Spindel doppelgängig machte, konnte man auf einen exakten Synchronismus verzichten, denn auch bei abweichender Geschwindigkeit wird jeder Buchstabe einmal voll niedergeschrieben. Eine besondere Synchronisierungseinrichtung wurde dadurch entbehrlich.

Obwohl sich dieses Gerät als sehr wertvoll erwies, tauchte doch schon vor längeren Jahren der Wunsch auf, für das gleiche Verfahren einen Blatt-

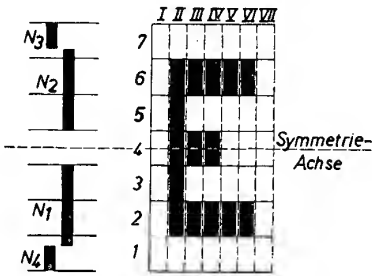


Bild 4 Prinzip der Einzelnschrift

getastet werden. Zum besseren Verständnis ist der Aufzeichnungsvorgang in Bild 3 nochmals gesondert dargestellt.

Bei richtiger Phasenlage der Schreibwalze setzt eine Rippe gerade unterhalb der Vorderkante der Schreibschneide ein, wenn die Aufzeichnung des ersten Bildpunktes einer Vertikallinie beginnt. Werden z. B. die Bildpunkte 2—6 der Linie 2 abgetastet (Bild 1), so ist das Schreibmagnetsystem erregt, die Schreibschneide wird gegen die Walze gedrückt, und der Berührungspunkt zwischen Schneide und Rippe wandert entsprechend der Bewegung von Walze und Schneide von unten nach oben. Da hierbei die Schreibschneide gegen das Farbband drückt, wird eine Linie aufgezeichnet. Bei Beginn der Abtastung der Linie 3 ist die Schreibschneide genau um eine Linienbreite nach rechts gerückt, Linie 3 wird also unmittelbar neben der vorhergehenden aufgezeichnet. Auf diese Weise wird z. B., wie in Bild 3 angedeutet, der Buchstabe „E“ aufgezeichnet. Da die Papierbahn während der Aufzeichnung laufend weitertransportiert wird, würde die Zeile schräg von links oben nach rechts unten verlaufen. Um dies zu vermeiden, ist das gesamte Schreibsystem gegenüber der Papierführung schräg gestellt, so daß das Schreibbändchen bei seiner Wanderung von links nach rechts sich mit dem Papier

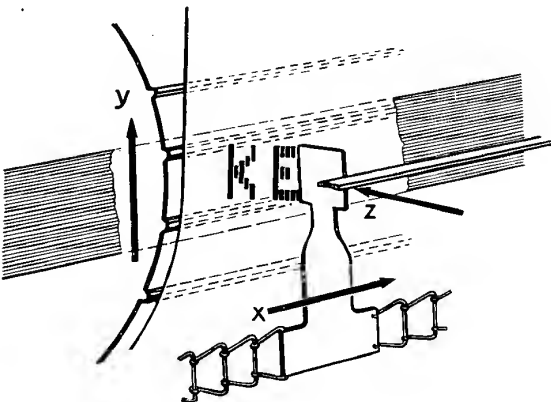


Bild 3 Prinzip der Aufzeichnung beim Blattschreiber SH (vergrößertes Teilbild)

nach oben bewegt. Durch diese Schrägstellung des Schreibsystems wird gleichzeitig die Schräge der einzelnen Linien, die durch die gleichmäßige Bewegung der Schreibschneide von links nach rechts entsteht, kompensiert.

Um eine gleichmäßige Druckverteilung über die ganze Länge der Zeile sicherzustellen, sind 2 Schreibmagnete vorgesehen, die in Serie liegen, wie aus Bild 2 ersichtlich ist. Die Achsen der beiden Anker sind starr miteinander verbunden. Um einen kontinuierlichen Ablauf der Niederschrift der einzelnen Schriftzeilen ohne Rückführung des Schreibmechanismus zu ermöglichen, wurden insgesamt 3 Schreibschneiden vorgesehen, die auf einer gleichmäßig umlaufenden Kette angeordnet sind und sich so ablösen, daß immer dann, wenn eine Schreibschneide am Ende der Zeile die Schreibleiste verläßt, die nächste Schreibschneide links am Anfang erscheint. Auf diese Weise konnten alle Bewegungen des Gerätes gleichmäßig und kontinuierlich gestaltet werden, was wiederum einen geringen Verschleiß bedeutet. Das zwischen Schreibschneide und Papier durchlaufende Farbband wird in ähnlicher Weise, wie es auch bei Schreibmaschinen und Fernschreibmaschinen üblich ist, automatisch umgeschaltet (siehe Bild 2).

Während man sich beim Streifenschreiber im Interesse der Einfachheit des Gerätes durchaus mit der zweizeiligen Aufzeichnung zufrieden geben konnte, würde dies beim Blattschreiber natürlich außerordentlich störend wirken. Es wurden daher im Gerät Einrichtungen vorgesehen, um einen zwangsläufigen Gleichlauf zu erhalten und damit eine einzeilige Niederschrift der Buchstaben zu ermöglichen. Auch hier war wiederum die Forderung maßgebend, daß an den bereits in Betrieb befindlichen Sendeeinrichtungen keine Änderungen durchgeführt werden dürfen. Zur Steuerung des Synchronismus wurden daher die Ober- und Unterkanten der Schriftzeichen selbst herangezogen. Nockenkontakte N_3 und N_4 (Bild 4) werden oberhalb der Oberkante und unterhalb der Unterkante kurzzeitig geschlossen und stellen fest, ob zu diesen Zeiten irgendwelche Impulse eintreffen.

Bei richtiger Phasenlage müssen diese Zeiten frei sein. Fallen jedoch Impulse in diese Zeiten hinein, so muß die Phasenlage der Schreibwalze so verstellt werden, daß die folgenden Zeichen wieder in der richtigen Zeilenhöhe aufgezeichnet werden. Die Richtigstellung

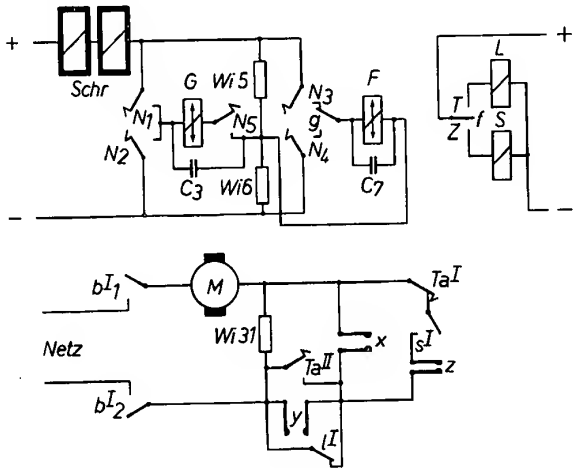


Bild 5 Prinzipstromlauf der Synchronisierung

der Phase erfolgt durch kurzzeitige Änderung der Drehzahl des Motors mit Hilfe des Dreifach-Kontaktreglers am Motor, dessen Kontakte XYZ für drei verschiedene Drehzahlen justiert sind (Bild 5). Der Kontakt X entspricht der Normaldrehzahl, der Kontakt Y einer um 1,4 % höheren, Z einer um 1,4 % niedrigeren Drehzahl. Je nach Bedarf wird zur Richtigstellung der Phase der Y- oder Z-Kontakt kurzzeitig eingeschaltet. Durch eine Rändelschraube am Motorgehäuse ist es möglich, die Normaldrehzahl des Motors so einzustellen, daß sie der durch den Geber am Sendeort bestimmten Drehzahl entspricht. Ein Instrument in der Bedienungsplatte des Gerätes läßt auch geringe Abweichungen von dieser Normaldrehzahl erkennen. Diesem Instrument werden die Regelimpulse zugeführt; kommen nun im allgemeinen abwechselnd positive und negative Regelimpulse, so wird das Instrument, das eine große Zeitkonstante besitzt, nur geringfügig beeinflusst und bleibt auf Mitte stehen.

Ähnlich wie der Streifenschreiber ist auch der Blattschreiber mit einer automatischen Fern-Ein- und -Aus-schaltung versehen, so daß durch einen Einschaltimpuls von der Sendeseite aus alle angeschlossenen Geräte gleichzeitig in Betrieb gesetzt werden können und ebenso nach Durchgabe der Meldungen durch einen Ausschaltimpuls wieder stillgelegt werden.

PRIORITE L O N D R E S + (L O N D R E S) + PAR UN TEMPS BRUNEUX ET UN
VE HER AGITEE , AVIONS ET NAVIRES POURSUIVENT AUJOURD ' HUI LEURS
RECHERCHES AU LARGE DE L ' ILE DE WIGHT , (WIGHT) , DANS L ' ES
SPOIR , NON PLUS DE ETROUVER DES SURVIVANTS , MAIS DE LOCALISER

Bild 6 Schriftprobe ohne Zeilensynchronisierung

NACH WIEDERÖFFNUNG DER TUERKISCH - BULGARISCHEN GRENZE TREFFEN
LAUFEND ZUEGE MIT TUERKISCHEN FLUECHTLINGEN AUS BULGARIEN
IN DER TUERKEI EIN + DIE MEIST RUND ZWEI MONATE IN SYLLENDRAN
AUF DIE GRENZÖFFNUNG GEWARTET UND SCHWERES DURCHGEMACHT HABEN

Bild 7 Schriftprobe mit Zeilensynchronisierung

Um zu verhindern, daß nach Niederschrift einer Zeile beim Ablauf einer Schneide von der Schreibleiste und Beginn der neuen Zeile durch die nächste Schreibschneide ein Buchstabe in 2 Teile geteilt wird und damit nur schwer lesbar erscheinen würde, wurde die Länge der Schreibleiste so gewählt, daß für die Dauer etwa eines Zeichens am Ende der Zeile bzw. am Beginn der folgenden Zeile gleichzeitig 2 Schreibschneiden betätigt werden. Der letzte Buchstabe einer Zeile wird daher am Beginn der nächsten Zeile gleichzeitig wiederholt, so daß also durch diese Überlappung auf keinen Fall ein Buchstabe verlorengehen kann.

Da durch die Einzeilschrift mit Synchronisierung durch die Buchstaben selbst und durch die starre Phasenhaltung für die Linien der Gleichlauf zwischen Sender und Empfänger sichergestellt ist, ergab sich die Möglichkeit, die Aufzeichnung des Blattschreibers noch weiter zu verbessern. Die vorerwähnte Überlappung der Buchstaben verhindert zwar, daß ein Buchstabe verlorengeht, aber immerhin ergibt dies Verfahren eine willkürliche Trennung der Worte am Ende der Zeile. Durch besondere Maßnahmen, die auf der Sendeseite eingeführt wurden, ist es möglich geworden, daß der gesamte zu übertragende Text in Abschnitten, die der Zeilenlänge entsprechen, ausgesandt wird. Wenn man jetzt dafür sorgt, daß bei allen Schreibern, die eine derartige Sendung aufnehmen, die Schreibschneiden in der gleichen Phase die Zeile durchlaufen und die Anfangslage der Schneiden mit dem Beginn der Aussendung eines solchen Abschnittes auf der Sendeseite übereinstimmt, so müssen immer die ersten Buchstaben der jeweiligen Zeilen untereinanderfallen (Bild 6 und 7). Am Schreiber wurde diese Phasenhaltung der Schreibschneiden dadurch erreicht, daß bei Empfang eines Dauerstriches, d. h. also des Stopzeichens, die nächste Schreibschneide in Position 0 der Zeile stehenbleibt. Beim Beginn der nächsten Sendung wird durch den Startschritt, der ebenfalls durch Dauerstrich gegeben ist, zunächst der Motor angelassen; während des Dauerstriches bleibt aber die Kette mit den Fähnchen noch ausgekuppelt und erst am Schluß des Startzeichens laufen alle Schreibschneiden gleichzeitig an (Bild 2 unten). Im gleichen Augenblick wird auch der Geber auf der Sendeseite in Tätigkeit gesetzt, so daß damit die Zeilenphase sichergestellt ist.

Schaltet man den Blattschreiber zu beliebiger Zeit von Hand ein, so besteht natürlich zwischen Geber und Schreiber kein Zeilensynchronismus, d. h. der geberseitig gesteuerte Zeilenanfang liegt an irgendeiner beliebigen Stelle der Zeile. Um die Zeilenphase richtigzustellen, kann man die Schreibkette von Hand durch einen Rändelknopf auf dem Antriebsrad der Kette nachdrehen.

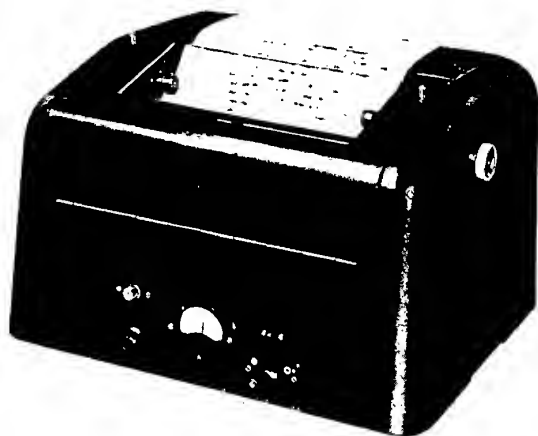


Bild 8 Blattschreiber für das Siemens-Hell-Verfahren, geschlossen

Der Aufbau des Gerätes ist aus den im folgenden beschriebenen Bildern ersichtlich:

Bild 8 zeigt das geschlossene Gerät, bei dem von außen nur die Bedienungsplatte mit dem Instrument sichtbar ist. Ein Kippschalter dient zum Ein- und Ausschalten des Gerätes. Unabhängig von der Fernsteuerung kann durch eine Drucktaste die Synchronisierungseinrichtung ausgeschaltet werden, um bei der ersten Einschaltung des Gerätes auf einen neuen Dienst die Normaldrehzahl grob einstellen zu können. Die Feineinstellung erfolgt durch Beobachtung des bereits er-

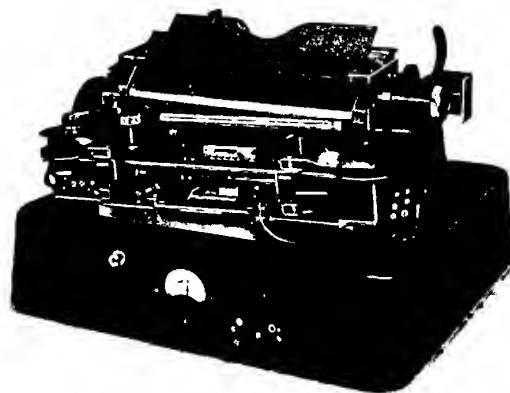


Bild 9 Blattschreiber ohne Kappe

wählten Instrumentes, das durch die Regelimpulse betätigt wird.

Als Papierendsignal dient eine Glühlampe, die aufleuchtet, wenn die auf der Rückseite befindliche Papierrolle fast abgelaufen ist. Durch die Rändelschraube an der rechten Seite des Gerätes ist es möglich, das Papier von Hand vorzuschieben. Sowohl das Papier als auch das Farbband können ohne Abnehmen der Blechschutzkappe ausgewechselt werden.

Das Bild 9 zeigt das Gerät mit abgenommener Kappe und läßt nähere konstruktive Einzelheiten erkennen. Unterhalb der Grundplatte aus Leichtmetallguß befindet sich die Schaltmittelplatte, die alle für die Synchronisierung und Ferneinschaltung erforderlichen elektrischen Schaltmittel enthält und vorn durch die Bedienungsplatte abgeschlossen ist. Das Oberteil ist durch Messerkontakte mit der Schaltmittelplatte verbunden und enthält den Schreibmechanismus, den Motor mit Getriebe und die Nockenkontakte für die Phasenhaltung. Auch das Schreibsystem, dessen Schräglage auf dem Bild deutlich erkennbar ist, kann von dem Oberteil durch 2 Schrauben leicht gelöst werden.

Wie man sieht, ist das Gerät trotz der durch die Synchronisierung der Einzeilschrift und der Zeilen selbst bedingten Zusatzeinrichtungen doch immer noch relativ einfach geblieben. Auch die Betriebssicherheit und die Unempfindlichkeit gegen Störungen haben sich nach den bisherigen Erfahrungen nicht wesentlich geändert. Das neue Gerät hat damit die besten Aussichten, sich auf den gleichen Anwendungsgebieten, auf denen sich der bisherige Siemens-Hell-Streifenschreiber in so kurzer Zeit durchgesetzt hat, zu bewähren. Und dies ist vor allem die Presse.

Bereits kurz nachdem die ersten Hell-Schreiber herauskamen, hat die Presse dieses System in großem Umfange für ihre Zwecke eingesetzt. Der geringe Aufwand

und die Einfachheit der Geräte begünstigten dies natürlich sehr. Praktisch alle großen Nachrichtendienste Europas hatten schon lange vor dem Kriege diese Technik in Benutzung, und es gab wohl kaum einen größeren Ort auf der Erde, in dem nicht auch ein Hell-Schreiber zu finden war (Bild 10). Besonders in Kreisen der Presse wird das Erscheinen des neuen Blattschreibers mit großem Interesse begrüßt, da er im Zeitungsbetrieb große Ersparnisse ermöglicht. Bis jetzt wurden die mit dem Streifenschreiber aufgenommenen Nachrichten abgeschrieben, um für die Weiterverarbeitung verwendbar zu sein. Beim Blattschreiber fällt dies fort, da die aufgenommenen Blätter direkt in die Redaktion gegeben werden können. Der Abstand zwischen den einzelnen Zeilen ist groß genug, um redaktionelle Änderungen hinzuzufügen. Wenn mehrere Exemplare der Nachricht benötigt werden, ist es möglich, einen oder mehrere Durchschläge direkt zu schreiben. Sollte eine größere Anzahl von Exemplaren erforderlich sein, so kann dies durch das Ormig- oder andere ähnliche Verfahren ohne weiteres erreicht werden. Das bedeutet natürlich für die Zeitungen eine wesentliche Kostenersparnis, denn zum Abschreiben der Meldungen waren bei dem fast 20stündigen Betrieb allein etwa drei Arbeitskräfte erforderlich.

Außer für die Presse kann das Verfahren natürlich für viele andere Zwecke angewendet werden und ist auch schon eingesetzt worden. Immer dann, wenn es darum geht, von einer zentralen Stelle aus Nachrichten an viele Stellen zu verbreiten, zeigen sich die besonderen

Vorzüge des Siemens-Hell-Verfahrens. Der geringe technische Aufwand, die leichte Bedienbarkeit und die geringen Kosten für die Empfangsstellen geben ihm ein

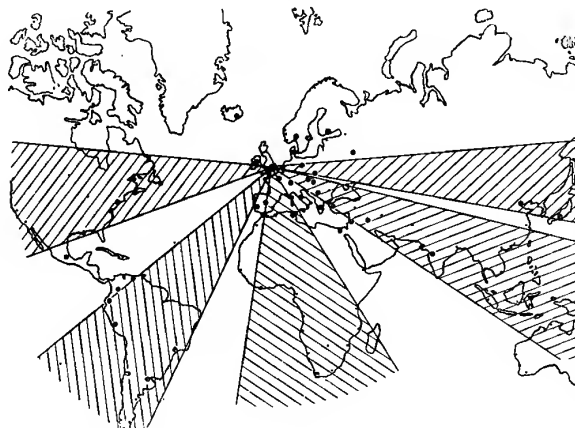


Bild 10 Weltkarte. Ausbreitung des Siemens-Hell-Systems

großes Übergewicht gegenüber anderen Systemen. Durch den neuentwickelten Blattschreiber werden die Anwendungsmöglichkeiten noch erweitert, und so wird dies Gerät dazu beitragen, daß das Siemens-Hell-System auch weiterhin seinen wichtigen Platz in der Nachrichtentechnik beibehält.

Gruppe LI — Hochfrequenztechnik

Neuere Entwicklungen der Rundfunksendetechnik

Von J. Peters

Die Entwicklung der Rundfunksendetechnik ist auf zwei Ziele gerichtet: Verbesserung der Qualität der Übertragung und Ausfüllen der Versorgungslücken innerhalb des Sendebereiches einer Rundfunkgesellschaft. Angestrebt wird eine mehrfache Überdeckung, um mehrere Programme gleichzeitig übertragen zu können.

Es ist offensichtlich, was unter einer Vergrößerung des Versorgungsbereiches und einer Vervielfachung des Dienstes innerhalb dieses Bereiches zu verstehen ist. Dagegen herrschen zuweilen noch auseinandergehende Meinungen darüber, ob und in welcher Weise eine Verbesserung der technischen Qualität einer Rundfunk-

dieses Verfahren, wenn man es zur Untersuchung der subjektiven Wahrnehmbarkeit von Laufzeitverzerrungen an Leitungen verwendet, wie es in Zusammenarbeit mit der Bundespost durchgeführt wurde.

Das Iterationsverfahren leistet also dasselbe wie die Hintereinanderschaltung wirklicher gleichartiger Übertragungsglieder, die von Herrn Prof. Küpfmüller in eindrucksvoller Weise in seinem Hauptvortrag gezeigt worden ist.

Der Übertragungsweg einer Rundfunksendung besteht aus folgenden wesentlichen Teilen (Bild 1):

1. dem Weg von der Schallquelle bis zum Mikrofon;
2. dem Mikrofon als akustisch-elektrischem Wandler;
3. der Studioeinrichtung, wobei die bisher genannten Teile im Funkhaus enthalten sind;
4. der Übertragungsleitung der Bundespost;
5. dem Sender;
6. der drahtlosen Übertragungsstrecke von der Sendeanenne bis zur Empfangsantenne;
7. dem Empfänger;
8. dem Lautsprecher als elektrisch-akustischem Wandler;
9. dem Weg vom Lautsprecher bis zum Ohr des Hörers.

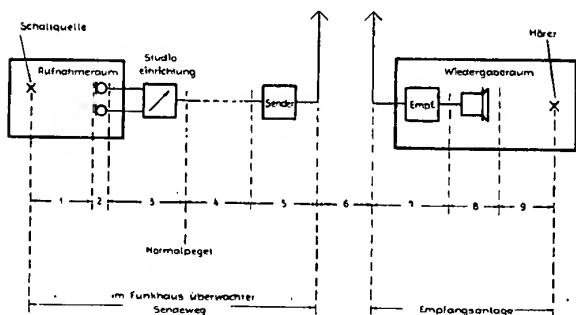


Bild 1 Schema des Übertragungsweges einer Rundfunksendung

sendung gegenüber dem bisherigen Stand erreicht werden soll. In diesem Punkt handelt es sich darum, Wertungen nach dem künstlerischen Empfinden durch technische Größen auszudrücken, welche sich also mit Meßinstrumenten bestimmen lassen.

Eine Störung des künstlerischen Eindruckes kann nur durch die subjektiv wahrnehmbaren Fehler bewirkt werden. Kleine Fehler des gesamten Übertragungsweges, die unterhalb der Grenze der Wahrnehmbarkeit liegen, sind daher zulässig. Die Bestimmung dieser Schwellwerte ist eine entscheidende Aufgabe. Da subjektive Beobachtungen mit sehr viel Unsicherheit behaftet sind, benutzt der NWDR mit großem Erfolg das von W. Meyer-Eppler vorgeschlagene Iterationsverfahren. Es besteht darin, das Programm, welches das zu untersuchende Übertragungsglied passiert hat, auf einem Magnetofonband zu speichern und nochmals über dasselbe Übertragungsglied zu schicken. Dieses Verfahren kann so lange wiederholt werden, bis der Fehler deutlich zu bemerken ist. Die Einrichtung dient also dazu,

1. die Aufmerksamkeit des Beobachters besonders auf den spezifischen Fehler zu lenken und
2. den Fehler selbst gewissermaßen mit einer Lupe zu betrachten.

Die Anzahl der Iterationen stellt gewissermaßen den Faktor dar, um den ein Fehler vergrößert werden muß, damit er aus dem Niveau der in der übrigen Anlage enthaltenen Fehler hervortritt. Besonders sinnfällig wird



Bild 2 Sprecherstudio

Wenngleich sich die Sendetechnik nur über einen Teil des gesamten Weges, nämlich von der Schallquelle bis zur Sendeanenne erstreckt, ist es doch sinnvoll, diese Teilstrecke innerhalb erstrebenswerter Grenzen so zu verbessern, daß es sich lohnt, auch den im wesentlichen aus

dem Empfänger und dem Wiedergaberaum bestehenden restlichen Weg ebenso zu verbessern.

Die Verbesserungen, die in Zusammenarbeit mit einer Reihe von Firmen, Einzelpersonen und anderen Rundfunkgesellschaften durchgeführt worden sind, erstrecken sich über sämtliche Glieder des Übertragungsweges.

Die akustischen Eigenschaften von Rundfunk-Aufnahmeräumen können namentlich durch die Verwendung einer Kombination von Schallschluckstoffen mit gelochten Abdeckplatten systematisch verbessert werden. Die Schluckstoffe haben die grundsätzliche Tendenz, die hohen Frequenzen stärker zu dämpfen als die tiefen

Mikrofon eine Rauschspannung gleich dem Eigenrauschen des wirklichen Mikrofons erzeugen würde. Bei den neu entwickelten Typen wurde ein Ersatzrauschen von 20 Phon erreicht.

Gegenwärtig werden in den Betrieb zwei neue, äußerlich einander gleiche Typen M 49 und M 50 eingeführt, die im Vergleich zum alten Mikrofon bedeutend kleiner sind (Bild 3). Von diesen hat das Mikrofon M 49 eine während des Betriebes z. B. aus der Regiezone kontinuierlich veränderbare Richtcharakteristik, welche von der Rundcharakteristik über die Nierencharakteristik zur Achtercharakteristik führt (Bild 4). Das andere Mikrofon M 50 hat bei tiefen Frequenzen eine Rundcharakteristik und bei hohen Frequenzen eine Richtcharakteristik, wobei die Empfindlichkeit in Abhängigkeit von der Frequenz entsprechend ansteigt. Die im diffusen Schallfeld über alle Richtungen gemittelte einfallende Energie bleibt daher konstant. Dieser Typ eines Mikrofons soll die Fähigkeit des menschlichen Gehörs nachbilden, bei hohen Frequenzen die Aufmerksamkeit bewußt in eine bevorzugte Richtung zu lenken, und wird für Musikübertragungen verwendet.

Die auf das Mikrofon folgende Studioeinrichtung hat den Zweck, den großen vom Mikrofon angebotenen Pegelbereich auf den Lautstärkeumfang einzuzugrenzen, der vom Sender mit Rücksicht auf die Reichweite übertragen werden kann.

Um eine möglichst hohe Reichweite zu erhalten, muß die Leistung des Senders stets möglichst hoch ausgenutzt werden. Daher muß der Spitzenwert einer jeden in sich geschlossenen Sendung mit Hilfe der Studioeinrichtung auf die normale Sendespannung von 1,55 Volt verstärkt werden, welche bei richtiger Einpegelung des Übertragungsweges den höchsten Modulationsgrad des Senders bewirkt. Diese Spitzenwerte unterscheiden sich untereinander bei den verschiedenen Sendungen rund wie 1:100. Diese Spanne vergrößert sich entsprechend der verschiedenen Mikrofonempfindlichkeit nochmals um den Faktor 10, wenn mit dynamischen Mikrofonen und Kondensatormikrofonen nebeneinander gearbeitet wird. Innerhalb einer Sendung darf die Mindestspannung nicht unter den hundertsten Teil dieses Spitzenwertes sinken. Neben den künstlerischen und regietechnischen Forderungen sind also die rein übertragungstechnischen Schwierigkeiten, die eine Studioeinrichtung zu bewältigen hat, recht beträchtlich.

Rechnet man noch mit einem Abstand von 10:1 zwischen der geringsten Mindestspannung und der Störspannung, so beträgt der betriebsmäßig zu überdeckende Bereich 1 000 000:1, entsprechend 120 db!

Die neueste Lösung der westdeutschen Rundfunkgesellschaften besteht entsprechend einem Vorschlag des NWDR in einer Dreiteilung der Studioverstärkung in Mikrofonverstärker, Zwischenverstärker und Hauptverstärker, wobei der Zwischenverstärker zwischen die Vorregler und den Hauptregler eingefügt wird (Bild 5). Die

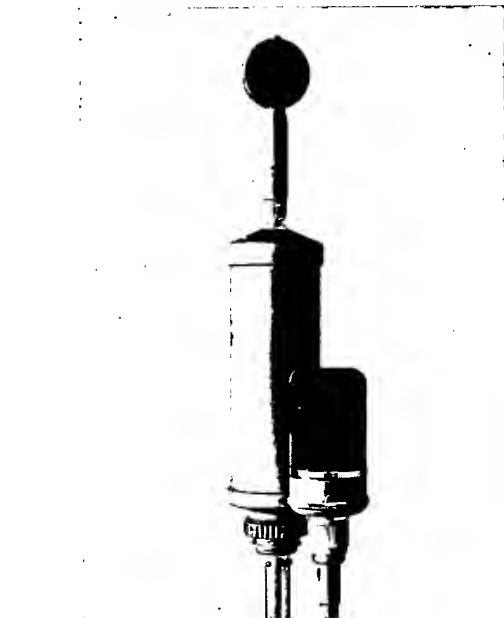


Bild 3 Mikrofone. Größenvergleich zwischen dem bisherigen und dem neuen Mikrofon M 49. (Die Mikrofone M 49 und M 50 sehen äußerlich gleich aus)

Frequenzen. Ordnet man diese Absorber hinter gelochten Platten an, so wirkt die Platte im entgegengesetzten Sinne; sie reflektiert die hohen Frequenzen und läßt die tiefen Frequenzen durch die Löcher dringen. Durch das Lochungsverhältnis kann man die Grenzfrequenz bestimmen. Es steht auf diese Weise ein einheitliches für alle akustischen Frequenzen brauchbares Mittel zur Verfügung, durch Kombination von Platten mit verschiedenen Lochungen jede erwünschte Nachhallkurve eines Raumes zu erreichen. Bild 2 zeigt ein so behandeltes Sprecherstudio; die an den Wänden angebrachten Platten haben ein wechselndes Lochungsverhältnis. (Leider ist die Lochung der Wandplatten und der Tischplatte infolge mangelhafter Reproduktion im Bild nicht zu erkennen.)

Das weitaus schwierigste Gerät im Rundfunk ist das Mikrofon. Einmal ist die auf die Membranfläche auftreffende Schallenergie recht gering, zum anderen überdeckt sie noch einen Bereich von vielen Zehnerpotenzen. Ein Mikrofon soll die höchste vorkommende Lautstärke von 120 Phon übertragen können und dabei eine möglichst niedrige Ersatzlautstärke besitzen. Unter Ersatzlautstärke versteht man diejenige Lautstärke eines akustischen Rauschens, welche an einem idealen

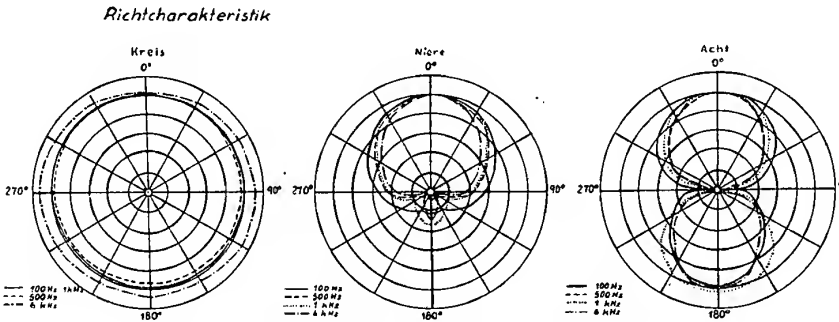


Bild 4 Veränderliche Richtcharakteristik des Mikrofons M 49

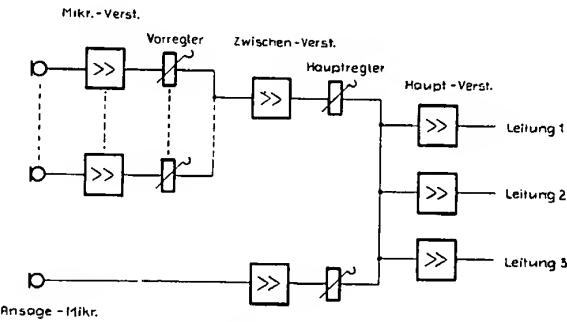


Bild 5 Schema der Studioverstärkung

damit erreichte Lösung berücksichtigt eine Reihe von ausländischen Lösungen und die Vorarbeiten aller anderen westdeutschen Rundfunkgesellschaften.¹⁾ Außer schaltungsmäßigen Vorzügen dieser Anordnung, die den verschiedensten Sonderfällen angepaßt werden kann, ist es

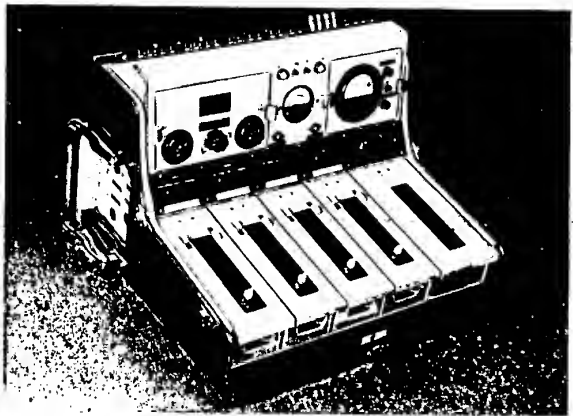


Bild 6 Tragbarer Verstärker

im Laufe der Zeit gelungen, den räumlichen und gewichtsmäßigen Aufwand für die Studioverstärker so sehr zu verringern, daß ein Einbau aller Geräte in den Regietisch selbst möglich ist. Das bisherige Verstärkergestell im Regieraum fällt daher fort.

Auf die Fortschritte im Übertragungsdienst durch Einführung eines tragbaren Verstärkers (Bild 6) und eines

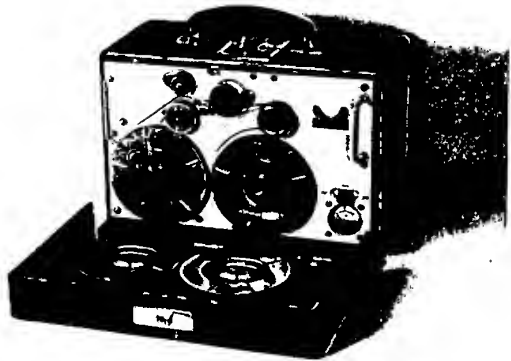


Bild 7 Tragbares Magnetophon

tragbaren Magnetophones (Bild 7) kann in diesem Zusammenhang nur hingewiesen werden. An der Weiterentwicklung derartiger Geräte wird gearbeitet.

¹⁾ Siehe J. Peters: Neue Regieeinrichtungen für Funkhäuser. Techn. Hausmitt. d. NWDR 6 [1951] S. 97...102.

An den posteigenen Übertragungsleitungen, die die Funkhäuser untereinander und mit den Sendern verbinden, werden z. Z. gemeinsam mit der Bundespost Untersuchungen vorgenommen. Neben der Leitungsverbindung besteht durch den starken Ausbau des UKW-Sendernetzes die Möglichkeit, die Verbindung des Senders untereinander durch Empfang jeweils des dem Funkhaus nähergelegenen Senders zu bewirken (Ballempfang), sofern diese stets dasselbe Programm ausstrahlen. Wenn gleich diese Lösung des Leitungsproblems außer Vorzügen auch Nachteile aufweist, soll bei der Planung des Sendernetzes Rücksicht auf diese Möglichkeit genommen werden.

Eine interessante Neuerung in der Sendetechnik besteht in der Mehrfachspeisung von Sendeantennen durch Anschluß mehrerer Sender mit verschiedenem Programm

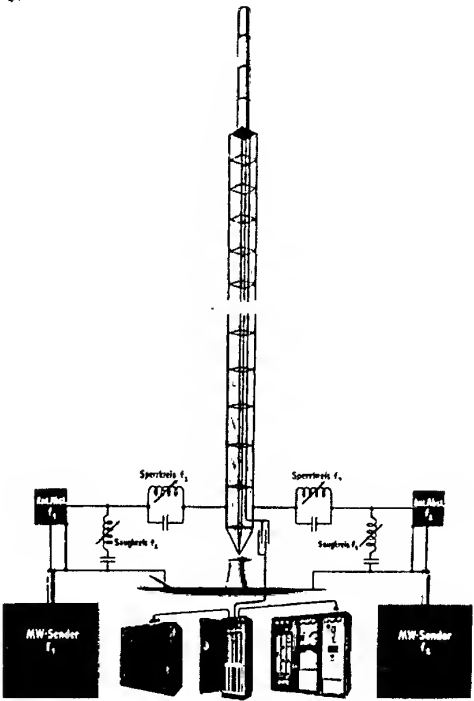


Bild 8 Antennenanlage zur gleichzeitigen Abstrahlung von 2 UKW- und 2 MW-Programmen

an dieselbe Sendeantenne. Hierbei werden die Sender durch abgestimmte Siebkreise gegenseitig entkoppelt. Eine solche Möglichkeit ist sowohl bei Mittelwellen als auch bei Ultrakurzwellen vorhanden. Da beim NWDR außerdem die Mittelwellenantenne häufig als Träger für die UKW-Antenne benutzt wird, besteht eine einfache Möglichkeit, mit einer Antennenanlage vier Programme, zwei UKW-Programme und zwei MW-Programme, auszustrahlen (Bild 8). In gewissem Sinne besteht eine Umkehrung dieses Prinzips darin, eine UKW-Antenne auf einem hohen Holzturm aufzustellen und seine konzentrische Zuleitung, dessen Außenmantel am Fußpunkt geerdet ist, durch eine Höhengspeisung als Mittelwellenantenne zu benutzen. Auch diese Lösung ist erfolgreich in Betrieb (Bild 9).

Es sei in diesem Zusammenhang erwähnt, daß die Höhengspeisung eine Reihe von weiteren Vorteilen aufweist. Eine geerdete Antenne kann während des Betriebes bestiegen werden. Ferner kommt der geerdeten Antenne im Rahmen von Bemühungen, die Sender gewitterfest zu machen, besondere Bedeutung zu. Das Ziel besteht darin, den Betrieb der Sender bei Gewitter nicht zu unterbrechen. Sender dieser Art stehen in erfolgreichem Probetrieb.

Eine andere lästige Störung des Sendebetriebs sowohl in den Funkhäusern wie bei den Sendern besteht in den Netzausfällen. Um die Auswirkungen solcher Störungen möglichst gering zu halten, werden alle diese Einrichtungen mit Notstromaggregaten versehen, die inner-

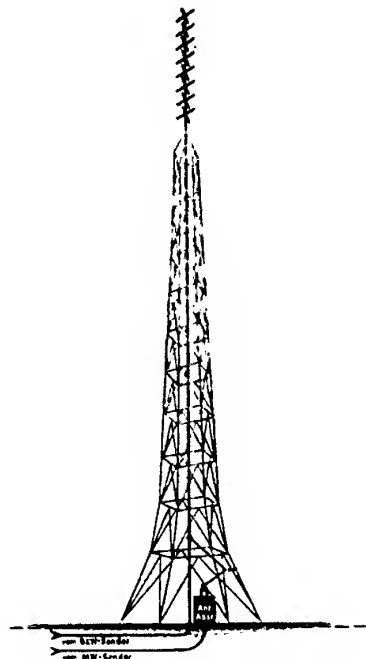


Bild 9 UKW-Antenne auf Holzmastkonstruktion, Außenmantel am Fußpunkt geerdet und als MW-Antenne mit Höhengspeisung benutzt

halb von 8 sec die volle, betriebsnotwendige Stromlieferung übernehmen. In den Funkhäusern sind alle Geräte in ihrem Netzteil so bemessen, daß in der Zwischenzeit die Verstärkung aufrechterhalten bleibt. Beim Sender entsteht zwar in diesem Fall eine Pause. Es wird aber durch einen Eingriff in die Blockierung und durch Verzicht auf Glühkathodengleichrichter erreicht, daß der Sender nach Ablauf dieser kurzen Zeit seinen Betrieb sofort automatisch fortsetzt.

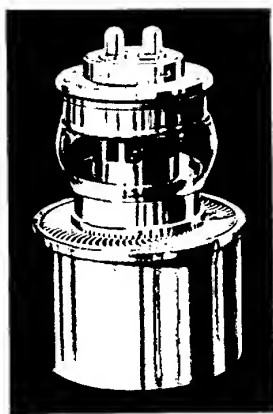


Bild 10 UKW-Senderöhre von Siemens & Halske

Mit bemerkenswerter Geschwindigkeit sind die UKW-Sender entstanden. Es ist angebracht, hier festzustellen, daß die Frist, die die Wellenkonferenz von Kopenhagen vorgesehen hatte, um die Umstellung der Frequenz an vorhandenen Mittelwellensendern technisch vorzuberei-

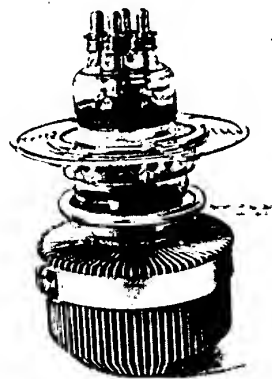


Bild 11 UKW-Senderöhre von Telefunken

ten, in Westdeutschland ausgereicht hat, um den gesamten UKW-Rundfunk einschließlich der Entwicklung der Senderöhren und der Vorbereitung der Empfängerproduktion anlaufen zu lassen.

Die Bilder 10 und 11 zeigen je eine 10 kW-UKW-Röhre von Siemens und von Telefunken. Einen Sender von Lorenz zeigt Bild 12 und UKW-Antennen verschiedener Firmen Bild 13. Auch die Firma Rohde & Schwarz hat auf diesem Gebiet tatkräftige Arbeit geleistet, so wurde die UKW-Weiche in Bild 8 von dieser Firma entwickelt und hergestellt.

Auf eine betrieblich und wirtschaftlich wichtige Eigenschaft der deutschen UKW-Senderöhren sei besonders aufmerksam gemacht: Sie gestatten bei 3 m eine Aus-

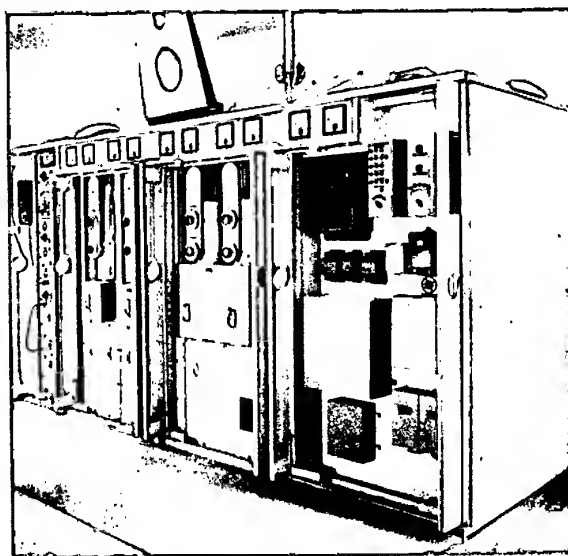


Bild 12 UKW-Sender von Lorenz

steuerung mit etwa einem Zehntel der Ausgangsleistung, so daß heute ein 10 kW-Sender aus den Stufen 0,1 kW, 1 kW, 10 kW aufgebaut werden kann. Die Vorteile, die sich gegenüber Röhren mit einer Leistungsverstärkung von 1:2 oder 1:3 ergeben, sind offensichtlich.

Eine der schwierigsten Aufgaben bei der Einführung des UKW-Rundfunks, einen billigen Empfänger herzustellen, ist inzwischen auch allgemein gelöst worden. Heute ist der Preis für einen Empfänger mit eingebautem UKW-Teil nicht höher als der frühere Preis eines entsprechenden Empfängers ohne diesen Wellenbereich.

Wenn der NWDR im Laufe des gegenwärtigen Geschäftsjahres seinen Versorgungsbereich einmal nahezu

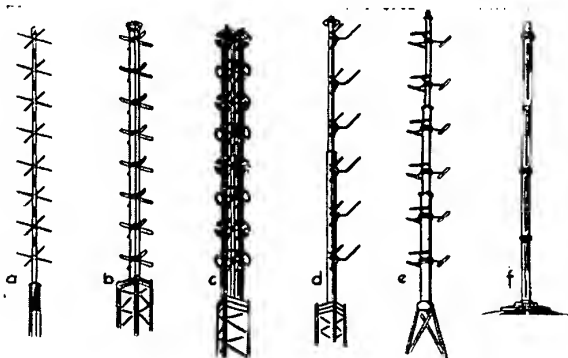


Bild 13 UKW-Antennen-Konstruktionen verschiedener Ausführungen

vollständig mit Ultrakurzwellen überdeckt hat (Bild 14), und zwar besser als es trotz aller Anstrengungen mit den durch die Überbesetzung entwerteten Mittelwellen möglich war, so erlaubt die Kanalverteilung auch bei Berücksichtigung eines vollen europäischen Ausbaues auf UKW eine dreifache Programmversorgung.

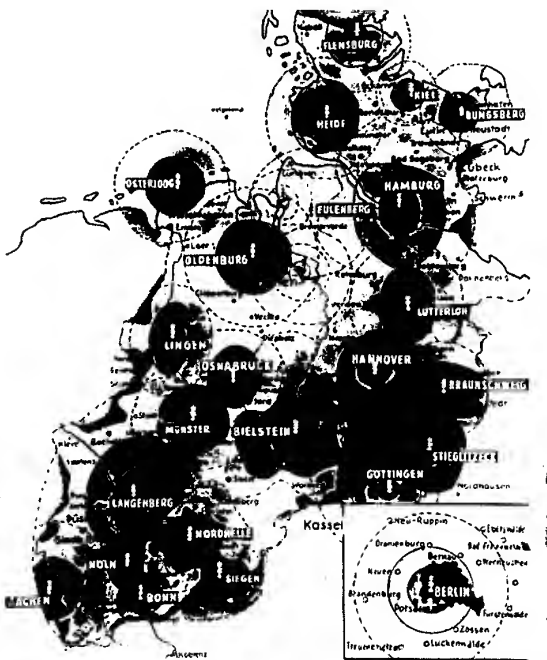


Bild 14 Versorgungsverhältnisse bei UKW-Empfang im Bereich des NWDR. Statt des eingezeichneten Senders Lutterloh werden zwei Sender, im Kreise Verden und im Kreise Dannenberg, errichtet. Der Bau des Senders Stieglitzsee ist noch unbestimmt.

Obwohl die Qualitätsverbesserung der Sendung durch den UKW-Rundfunk also in diesem Zusammenhang nur als eine angenehme Beigabe zu betrachten ist, so hat auch diese neue Eigenschaft allein eine Revolution des Hörergeschmacks eingeleitet. Rundfunkhörer, die einen guten UKW-Empfang haben, ziehen diese Wiedergabe eindeutig einem normalen Mittelwellenempfang vor. Es besteht also keineswegs ein grundsätzlicher Gegensatz zwischen der technischen Verbesserung und dem Geschmack des Publikums, wie man häufig hören konnte.

Der im Programm angekündigte Fachbericht: H. Rothe, Ulm: „Röhrenprobleme, die sich durch die Einführung des UKW-Rundfunks ergeben“ mußte ausfallen. Statt dessen sprach freundlicherweise Herr Prof. Dr. H. H. Me i n k e, München, über

Neueres aus der Höchstfrequenz-Meßtechnik der USA

Der Inhalt dieses Berichtes erschien in der „Fernmeldetechnischen Zeitschrift (FTZ)“ Heft 11 (1951), weshalb hier auf die Wiedergabe verzichtet wurde.

Allerdings reicht es nicht aus, etwa nur die Bandbreite zu erhöhen. Wenn das neu hinzukommende niederfrequente Frequenzband infolge nichtlinearer Verzerrungen sehr viel Kombinationsfrequenzen enthält, so ist es von einer gewissen Höhe der Verzerrungen an besser, wenn dieses Band fehlt. Auch Laufzeitverzerrungen werden bei breiten Frequenzbändern deutlich, weil die Laufzeitfehler erst bei den hohen Frequenzen beträchtlich werden. Auf diesem Gebiet laufen die Untersuchungen noch. Es kann aber bereits heute gesagt werden, daß es sich wieder lohnt, die Verbesserung der niederfrequenten Qualität unter den gegenwärtigen Voraussetzungen auch bei den Empfängern besonders zu pflegen.

Durch diese Hervorhebung der Vorteile der Ultrakurzwellen könnte der Eindruck entstehen, als ob die Mittelwelle veraltet und unwichtig sei. Das trifft nicht zu. Abgesehen davon, daß es im Sendebereich des NWDR erst eine halbe Million UKW-Hörer gibt, also 10 % der Gesamtzahl, wird es nach der vollen Besetzung der UKW-Kanäle praktisch keinen Fernempfang auf UKW mehr geben. Der Fernempfang ist aber ein wesentliches Merkmal des Mittelwellenempfanges. Daher laufen auch auf dem Mittelwellengebiet alle Untersuchungen weiter, um auch hier die Qualität der Sendung und die Reichweite der Sender zu erhöhen. Von hier aus gesehen interessieren amplitudenmodulierte Mittelwellensender mit geringen Verzerrungen. Für die Erhöhung der Reichweite am Tage wird auch weiterhin an Antennen mit verminderter Höhenausstrahlung gearbeitet.

Bei Mittelwellensendern kommt es durchaus darauf an, an der Grenze der Reichweite noch das Letzte an Verbesserungsmöglichkeit auszunutzen. Deshalb sind Richtantennensysteme mit Ausblendung auf die zu schützende horizontale Richtung auch weiterhin wichtig. Man kann mit Vorteil auch Antennen verwenden, deren vertikale Charakteristik in der Richtung zum anderen Sender eine Nullstelle aufweist.

Wenn mehrere Sender auf derselben Welle arbeiten, so ist es besonders wichtig, daß die Trägerfrequenzen genau übereinstimmen. Abgesehen von den beiden Großsendern Hamburg und Langenberg, die noch über eine Steuerleitung miteinander synchronisiert werden, haben alle Gleichwellensender je eine eigene quartzgesteuerte Normalfrequenzanlage. Alle Gleichwellensender werden hinsichtlich der Einhaltung der Frequenz ständig von einer Meßstelle aus überwacht und gegebenenfalls ein von der Sollfrequenz abweichender Sender durch Peilung ermittelt. Die Korrektur erfolgt durch telefonische Verständigung mit einer Genauigkeit von einigen Millihertz.

Angeregt durch die deutsche Entwicklung nimmt auch in einigen anderen europäischen Ländern die Einführung des UKW-Rundfunks greifbare Formen an. Es bleibt dadurch immerhin die Aussicht offen, daß die Entwicklung wieder zu einer Entlastung der Mittelwelle und damit wieder zu einem brauchbaren Fernempfang führt. Es liegt sicher im Interesse der Rundfunkhörer und der Sendegesellschaften, wenn eine entsprechend begrenzte Zahl von Sendern dann wieder die große Reichweite der Raumwellen ausnutzen kann.

Im Rahmen dieser Ausführungen ist es nicht möglich, noch besonders auf das Fernsehen einzugehen. Es muß daher an dieser Stelle die Mitteilung ausreichen, daß die gegenwärtig auf diesem Gebiet geleistete Arbeit der Arbeit auf dem Gebiet des akustischen Rundfunks nicht nachsteht, so daß wir hoffen, bald der Einführung des öffentlichen Fernsehens entgegengehen zu können.

Die hochfrequenten Einrichtungen des Übersee-Funksprechverkehrs

Von W. Kloepfer

Der Überseefunksprechverkehr wird heute allgemein mittels des Einseitenbandverfahrens im Kurzwellenbereich zwischen etwa 12 und 75 m Wellenlänge durchgeführt. Die benutzten Wellenlängen hängen von der zu überbrückenden Entfernung, der Tages- und Jahreszeit ab, entsprechend den Ausbreitungsbedingungen der Ionosphäre.

Durch die internationalen Vereinbarungen über das Sendeverfahren, die Kanalbandbreiten und die Mindestforderungen an die Güte der verwendeten Geräte ist sichergestellt, daß der Funkverkehr zwischen den einzelnen Ländern mit verschiedenen Gerätefabrikaten reibungslos abgewickelt werden kann.

Beim Einseitenbandverfahren wird auf der Senderseite der Träger weitgehend unterdrückt, so daß praktisch die ganze Senderleistung zur Übertragung der Nachricht zur Verfügung steht. Die Aussendung eines Trägerrestes von etwa 5% der Seitenbandamplituden ist zur Frequenzsynchronisierung und automatischen Verstärkungsregelung des Empfängers der Gegenstelle notwendig. Auf der Empfängerseite wird ein örtlich erzeugter Träger den übertragenen Seitenbandschwingungen zugesetzt, so daß der Empfang weitgehend unabhängig von den selektiven Schwunderscheinungen des übertragenen Trägerrestes wird. Daneben bietet das Einseitenbandverfahren den Vorteil der besseren Frequenzbandausnutzung, indem mehrere Sprach- und Telegraphiekanäle einem Trägerrest zugeordnet werden.

In Bild 1 ist die Lage der Seitenbänder zum Träger bei Zweiseitenband- und Einseitenbandübertragung schematisch dargestellt. Die obere Reihe zeigt uns die Verhältnisse beim Zweiseitenbandbetrieb: der Träger wird in voller Größe übertragen, beide Seitenbänder enthalten dieselbe Nachricht.

In der mittleren Reihe ist die Lage des Trägerrestes zu dem nach höheren Frequenzen liegenden Seitenband bei Einseitenbandübertragung gezeichnet. Vom Träger wird nur eine verhältnismäßig kleine Amplitude übertragen; das benötigte Frequenzband ist die Hälfte gegenüber dem beim Zweiseitenbandverfahren. Es lag nun nahe, diesen Gewinn an Frequenzbandbreite von 1:2 zur Übertragung der doppelten Zahl von Nachrichten auszunutzen. In dem hier beschriebenen System werden vier verschiedene Nachrichten übertragen. Die untere Reihe zeigt die Lage der vier, diese verschiedenen Nachrichten enthaltenden Seitenbänder zum Trägerrest. Das mit 1 bezeichnete Seitenband enthält einen normalen, das mit 2 und 3 bezeichnete je einen invertierten Sprachkanal. Im mit 4 bezeichneten Seitenband ist es üblich, mittels Wechselstromtelegraphie nach dem Doppeltonverfahren bis zu drei Fernschreibmaschinen für den Dienstverkehr zu betreiben. Die gesamte Frequenzbandbreite dieses Systems beträgt ca. 12 kHz.

Im folgenden sollen die hochfrequenten Einrichtungen, die von der Deutschen Post in der Überseefunkstelle Frankfurt für den Überseefunksprechverkehr betrieben werden, näher betrachtet werden.

Bild 2 stellt das Blockscha des Steuervorsatzes eines 20 kW-Einseitenbandsenders für die Übertragung von vier Kanälen dar. Auf der linken Seite sind die einzelnen Stufen des Senders gezeichnet; auf der rechten Seite ist die Frequenzlage der Seitenbänder in den einzelnen Stufen angegeben. Wir betrachten zunächst den Verlauf des Seitenbandes A, das die Gespräche 1 und 3 enthält.

Von der niederfrequenten Endeinrichtung, die hier nicht näher betrachtet werden soll, wird dem Steuervorsatz ein Gespräch in normaler Frequenzlage (1) im Bereich 250 ... 2500 Hz und ein invertiertes Gespräch (3) 2750 ... 5000 Hz zugeführt. Dieses Frequenzgemisch wird verstärkt und in einem Gegentaktmodulator einer Träger-

frequenz von 100 kHz aufmoduliert, wobei die Trägerfrequenz weitgehend unterdrückt wird.

Das dabei entstehende Frequenzspektrum ist auf der rechten Seite des Bildes dargestellt; es entstehen die zum Träger von 100 kHz symmetrisch liegenden beiden Seitenbänder. Durch ein Quarzfilter mit sehr steilen Flanken wird das höhere Seitenband (100,25 ... 105,0 kHz)

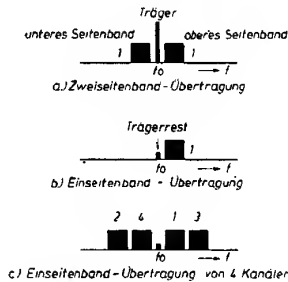


Bild 1 Lage der Seitenbänder zum Träger bei Zwei- und Einseitenband-Übertragung

ausgesiebt. In derselben Weise wird mit den Kanälen (2) und (4) verfahren mit dem Unterschied, daß nach dem Modulator B das niedrigere Seitenband (95,0 ... 99,75 kHz) ausgesiebt wird. Nach den Modulatoren A und B werden die getrennten Seitenbänder über eine Entkopplungsschaltung einem Frequenzumsetzer zugeführt, der die Trägerfrequenz von 100 kHz auf 2,5 MHz umsetzt. Die Umsetzung erfolgt mittels einer Quarzfrequenz von

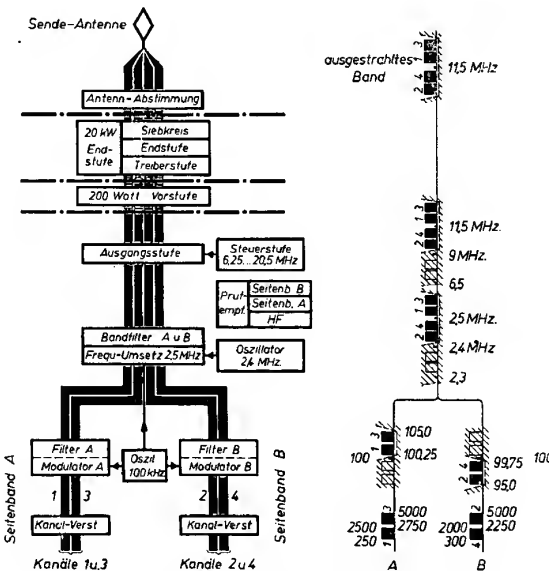


Bild 2 Steuervorsatz und Sender für 4-Kanal-Einseitenband-Übertragung. Blockscha

2,4 MHz. Gleichzeitig mit den Seitenbändern wird dem Frequenzumsetzer eine definierte Spannung von 100 kHz zugeführt, so daß der Trägerrest einen bestimmten Wert erhält (etwa 5% der vollausgesteuerten Seitenbänder). Die Frequenzlage der Seitenbänder nach dem 2,5-MHz-Umsetzer ist rechts gezeichnet. Die vier Seitenbänder sind in der angegebenen Weise um den Träger von 2,5 MHz gruppiert und besitzen die in Bild 1 unten angegebene Lage zum Träger.

Die unerwünschten Mischprodukte werden mit normalen Spulenfiltern ausgesiebt; die modulierte Spannung

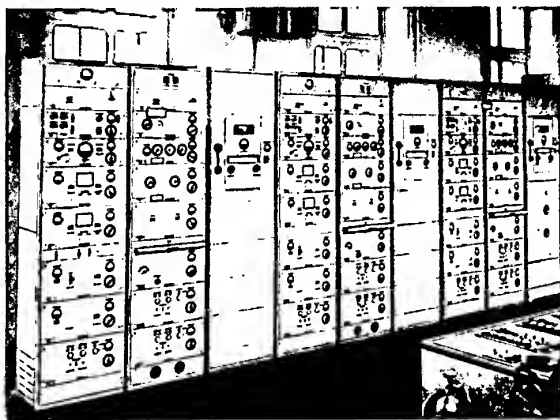


Bild 3 Steuervorsatz und 200 W-Verstärker

wird einem weiteren Frequenzumsetzer zugeführt, der den Träger auf die auszustrahlende Frequenz von 11,5 MHz, wie in dem Beispiel angenommen, bringt. Die auf diese Weise in dem Steuervorsatz erhaltene Hochfrequenzspannung wird sodann in einer 200 W-Stufe verstärkt und zur Steuerung der 20 W-Endstufe benutzt. Die Abstrahlung der Senderenergie erfolgt über eine Rhombusantenne. Es ist noch zu erwähnen, daß in dem Steuervorsatz ein Prüfempfänger eingebaut ist, mit dem die Seitenbänder über Quarzfilter für Meßzwecke wieder getrennt werden können.

Das geschilderte Verfahren arbeitet mit doppelter Frequenzumsetzung und Trennung der Seitenbänder mittels Quarzfilter. Daneben ist auch ein Verfahren mit dreifacher Frequenzumsetzung unter Verwendung von Spulenfiltern zur Seitenbandtrennung mit Erfolg angewandt worden.

Aus Bild 3 ist die technische Geräteausführung der Steuervorsätze ersichtlich. Die linken beiden Gestelle enthalten die zum Steuervorsatz gehörenden Stufen, das darauffolgende Gestell den 200 W-Verstärker.

Das linke Gestell des Steuervorsatzes enthält von oben nach unten einen Leitungsverstärker, der die von

zwei Stromversorgungsgeräte. Auf dem Bild sind außerdem zwei weitere Steuervorsätze mit den dazugehörenden 200 W-Verstärkern zu sehen. Sämtliche Stufen des Steuervorsatzes sind in Schubkastenbauweise ausgeführt und enthalten Meßinstrumente für die Betriebsüberwachung.

Die Ausgangsleistung der 200 W-Stufen gelangt über ein Hochfrequenzkabel zu den 20 kW-Stufen auf der anderen Seite des Saales. Bild 4 zeigt zwei mit A und B bezeichnete 20 kW-Sender. Die Gestelle enthalten die Treiberstufe, die Endstufe und die dazu gehörenden Siebmittel. Auf der linken Seite des Bildes ist der zum Sender A gehörende Stromversorgungsteil zu sehen. Rechts neben dem Sender B befindet sich ein Meßgestell, mit dem die für den Betrieb erforderlichen Messungen ausgeführt werden können. Im Vordergrund ist das Überwachungs- und Schaltfeld für die verschiedenen Sender zu sehen.

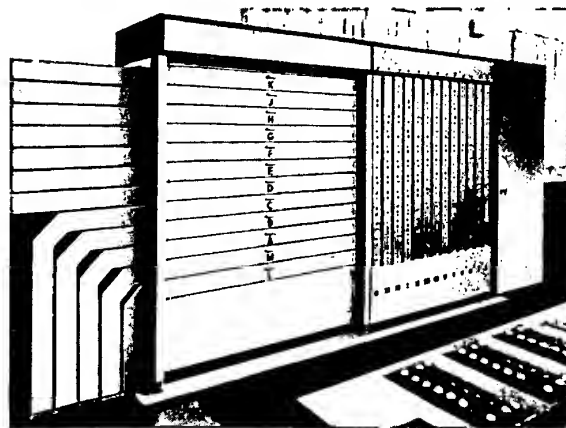


Bild 5 Antennen-Verteiler

Von dem Ausgang der 20 kW-Stufen gelangt die Hochfrequenzenergie über einen Antennenverteiler zu der gewünschten Rhombusantenne. Bild 5 stellt die Ansicht des Antennenverteilers dar, über den die einzelnen Sender je nach der benötigten Abstrahlrichtung auf die verschiedenen Rhombusantennen geschaltet werden können.

Das Blockschaltbild des Einseitenbandempfängers ist in Bild 6 dargestellt. Im Einseitenbandempfänger durchläuft das empfangene Signal, was die Frequenzumsetzung betrifft, gewissermaßen den umgekehrten Weg wie im Steuervorsatz des Senders. In dem Blockschema des Empfängers sind auf der linken Seite des Bildes die einzelnen Stufen gezeichnet, während auf der rechten Seite die Frequenzlagen der Seitenbänder dargestellt sind. Wir nehmen an, daß ein Träger von 14 MHz mit seinen vier Seitenbändern empfangen werden soll, wie in dem Frequenzschema rechts oben angedeutet ist. Das über die Rhombusantenne empfangene Signal gelangt über die abgestimmten Vorstufen des Empfängers zur ersten Mischstufe. In dieser Mischstufe wird das Signal mit der Frequenz eines abstimmbaren, mit Frequenznachstimmung versehenen ersten Oszillators überlagert, so daß eine erste Zwischenfrequenz von 2,5 MHz entsteht. Die Frequenzlage der Seitenbänder in der ersten Zwischenfrequenz ist rechts von der ersten Mischstufe gezeichnet. Die Seitenbänder gruppieren sich jetzt um den Träger von 2,5 MHz, jedoch in umgekehrter Reihenfolge, da die Zwischenfrequenz von 2,5 MHz als Differenz zwischen der Oszillatorfrequenz von 16,5 MHz und der Empfangsfrequenz von 14 MHz gebildet wird.

Über einen Zwischenfrequenzverstärker für 2,5 MHz wird das Signal einer Mischstufe zugeführt und mit einer Quarzfrequenz von 2,4 MHz überlagert, so daß eine

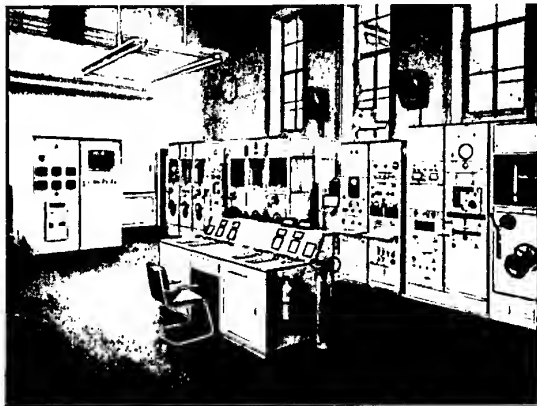


Bild 4 20 kW-Sender mit Schaltfeld

der Endeinrichtung kommende Niederfrequenz verstärkt, ein Kontroll- und Schaltfeld, den Modulator B mit Quarzfilter, den Modulator für das Seitenband A, den Prüfempfänger für das Seitenband B und den entsprechenden Prüfempfänger für das Seitenband A, sowie ein Stromversorgungsgerät. Die rechte Gestellseite enthält in derselben Reihenfolge den zweiten Leitungsverstärker, den Frequenzumsetzer auf 2,5 MHz, den Frequenzumsetzer auf die Betriebsfrequenz, die dazu gehörenden Quarzoszillatoren, die 100 kHz- und 2,4 MHz-Quarzoszillatoren, den Hochfrequenzteil des Prüfempfängers und

zweite Zwischenfrequenz von 100 kHz entsteht. Die Lage der Seitenbänder zu dem Träger von 100 kHz ist aus dem neben der zweiten Mischstufe gezeichneten Frequenzschema zu ersehen. Am Ausgang der zweiten Mischstufe erfolgt sodann die Trennung der Seitenbänder und die Aussiebung des zur Frequenznachstimmung des ersten Oszillators und zur automatischen Regelung des Empfängers notwendigen Trägerrestes durch Quarzfilter. Die drei Wege sind in dem Blockschema dargestellt. Die Trennung der beiden Seitenbandpaare erfolgt durch die Quarzfilter A und B. Über diese Filter wird die modulierte Hochfrequenz den beiden Demodulatoren A und B zugeführt. In den beiden Demodulatoren wird die zur Demodulation erforderliche Trägerfrequenz von 100 kHz von einem Quarzgenerator hinzugefügt. Am Ausgang der Demodulatoren erscheinen dann wieder die ursprüng-

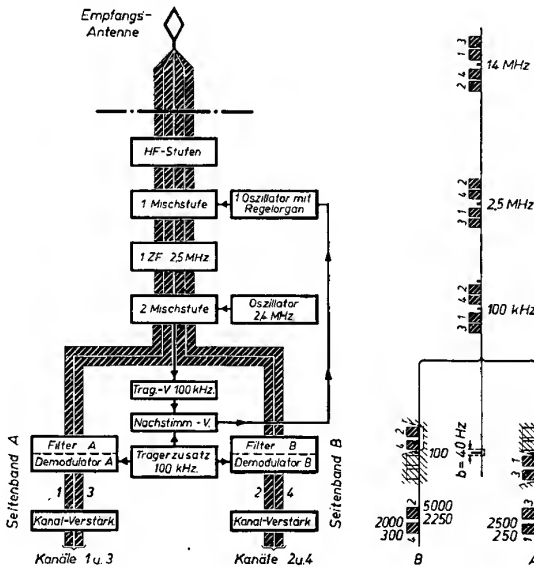


Bild 6 Einseitenband-Empfänger. Blockschema

lich dem Sender aufmodulierten Kanalpaare, die durch die niederfrequente Endeinrichtung getrennt und weiterverarbeitet werden. In dem Frequenzschema ist die Aussiebung der Seitenbandpaare schematisch dargestellt.

Beim Einseitenbandempfang wird der zur Demodulation notwendige Träger im Empfänger durch einen Quarzgenerator erzeugt, wodurch der Empfang weitgehend unabhängig von den Schwunderscheinungen der übertragenen Trägerfrequenz wird. Um jedoch die Seitenbandkanäle am Ausgang des Empfängers wieder in der richtigen Frequenzlage zu erhalten, ist es notwendig, daß die im Empfänger durch zweifache Überlagerung erzeugte Zwischenfrequenz von 100 kHz bis auf wenige Hertz genau mit der örtlich erzeugten 100 kHz-Frequenz übereinstimmt. Dies wird durch eine Frequenznachregelung des ersten Überlagerers erreicht. Zu diesem Zweck wird der vom Sender übertragene Trägerrest im Empfänger nach der zweiten Mischstufe über ein etwa 40 Hz breites, auf 100 kHz abgestimmtes Quarzfilter ausgesiebt, verstärkt und nach einer Amplitudenbegrenzung mit der örtlich erzeugten 100 kHz-Frequenz in einer Nachstimm-schaltung verglichen. Die Nachstimm-schaltung liefert die zur Nachstimmung des ersten Oszillators erforderliche Regelspannung.

Bild 7 zeigt die zur Frequenznachstimmung verwendete Schaltung. Die beiden in der Frequenz zu vergleichenden Spannungen werden zwei Gegentaktmodulatoren über Verstärker zugeführt. Die vom 100 kHz-Quarzoszillator erzeugte Spannung gelangt über die Reihenschaltung einer Induktivität und eines Widerstandes um 45° in der Phase gedreht an das Gitter der

Röhre 4 und ebenso über das inverse Phasendrehglied um 45° im entgegengesetzten Sinn gedreht an das Gitter der Röhre 7. Die Spannung der Vergleichsfrequenz wird gleichphasig auf die Gitter der Röhren 5 und 6 gegeben und den Brückenpunkten der Modulatoren zugeführt. Dadurch entsteht in den in den Anodenkreisen der Modulatorröhren liegenden Feldspulen des Nachstimm-Motors bei Frequenzabweichung ein Drehfeld, welches den Rotor

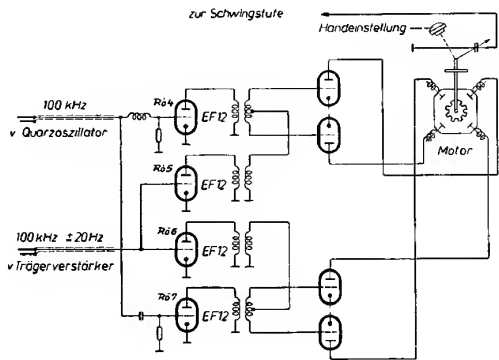


Bild 7 Frequenznachstimmung, Prinzipschaltung

des Motors dreht und über einen Drehkondensator den ersten Oszillator des Empfängers solange nachstimmt, bis die Vergleichsfrequenzen übereinstimmen.

Auch bei vollkommener Konstanz der im Sender und Empfänger verwendeten Generatoren wäre diese Nachstimm-schaltung erforderlich, da durch die schwankende Übertragung über die Heavisdieschicht Frequenzänderungen von einigen Hertz entstehen.

Zur automatischen Verstärkungsregelung des Einseitenbandempfängers wird von der übertragenen Trägerrestspannung durch Gleichrichtung eine Regelspannung abgeleitet. Zu diesem Zweck wird die am Ausgang des 2,5 MHz-Umsetzers durch ein 40 Hz breites Quarzfilter ausgesiebte Trägerrestspannung verstärkt und einer Gleichrichterstufe zugeführt. Dieser werden zwei Regelspannungen mit verschiedenen Zeitkonstanten entnommen. Die erste Regelspannung mit einer Zeitkonstante von etwa 0,1 sec dient zur Regelung des Trägerverstärkers selbst. Die zweite Regelspannung wird den Vorstufen, ZF-Stufen und Seitenbandverstärkerstufen zugeführt. Die Ladezeitkonstante dieser Regelspannung beträgt etwa 0,1 sec; die Entladezeitkonstante ist zwischen 0,1 und 10 sec je nach Art der Schwunderscheinungen einstellbar. Durch diese Methode der automatischen Verstärkungsregelung wird die Verstärkung des Empfängers den mittleren Übertragungsbedingungen angepaßt; die

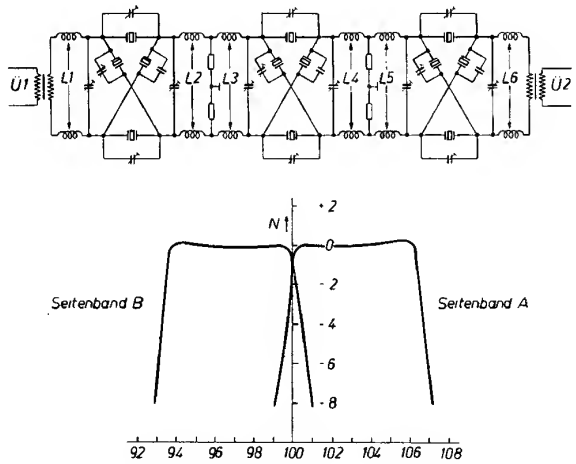


Bild 8 Seitenband-Quarzfilter, Prinzipschaltung

noch bleibenden Lautstärkeschwankungen werden durch einen niederfrequenten Volumenregler der Endeinrichtung ausgeregelt. Vorschläge, das Volumen der Seitenbänder zur Regelung heranzuziehen, sind, soweit bekannt, bis jetzt noch nicht verwirklicht worden.

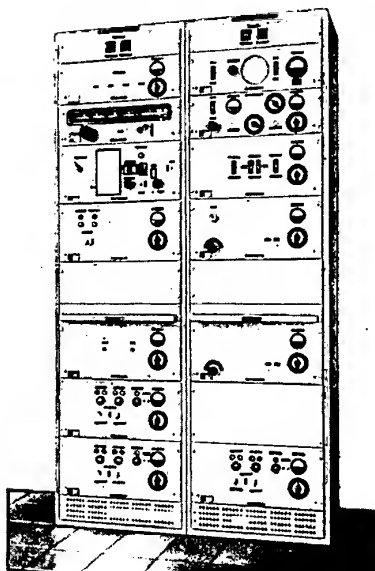


Bild 9 Einseitenband-Empfänger, Gestellansicht

Die Schaltung der zur Aussiebung der Seitenbänder verwendeten Quarzfilter ist in Bild 8 dargestellt. Jedes Filter ist als dreigliedriges symmetrisches Brückenfilter aufgebaut und enthält zwölf Quarze. Die Dämpfungskurven der beiden zur Aussiebung des oberen und unteren Seitenbandes benutzten Filter sind im unteren Teil des Bildes dargestellt. Jedes Filter hat eine Breite von 6 kHz entsprechend den beiden Sprechkanälen pro Seitenband. Die Dämpfungsschwankung im Durchlaßbereich ist geringer als $\pm 0,2$ N. Die Dämpfung bei einer Verstimmung von 1000 Hz von der Bandgrenze beträgt etwa 8 N.

Bild 9 zeigt die technische Ausführung des Einseitenbandempfängers. In einem Doppelgestell sind die verschiedenen Stufen in Schubkastenbauweise untergebracht. Das linke Gestell enthält von oben nach unten: den Nachstimmverstärker für die automatische Frequenznachregelung, die abstimmbaren Vorstufen des Empfängers und den getrennt abstimmbaren 1. Oszillator. Dieser enthält einen mittels Motor betätigten Antrieb mit einer in

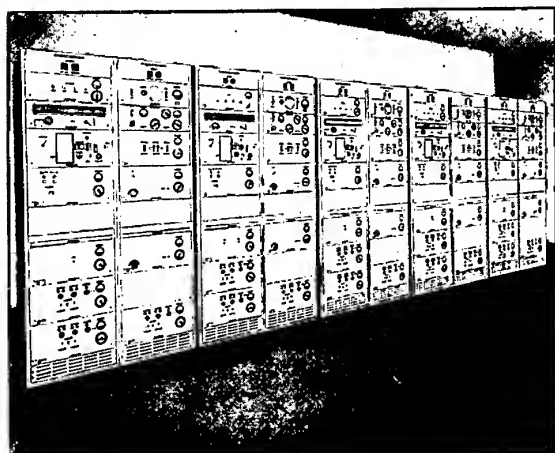


Bild 10 Einseitenband-Empfänger, Gestellreihe

Frequenzen geeichten Grobskala und einer 5 m langen Filmskala mit Millimetereinteilung. Die Filmskala dient dazu, einen einmal eingestellten Sender jederzeit leicht wiederfinden zu können. Der nächste Schub enthält ein Netzgerät für den Antriebsmotor. Unter der herausziehbaren Tischplatte befinden sich die 100 kHz- und 2,4 MHz-Quarzoszillatoren und zwei Netzgeräte für die Stromversorgung. Die rechte Gestellseite enthält oben ein Kontrollfeld mit Lautsprecher und Pegelzeiger, den Trägerverstärker mit dem 40 Hz breiten Quarzfilter für die Trägersaussiebung, die Niederfrequenzstufen, den Seitenbandverstärker A mit Quarzfilter und unter der Tischplatte den Seitenbandverstärker B sowie ein Netzgerät. Aus Bild 10 ist die Anordnung von fünf Einseitenbandempfängern ersichtlich.

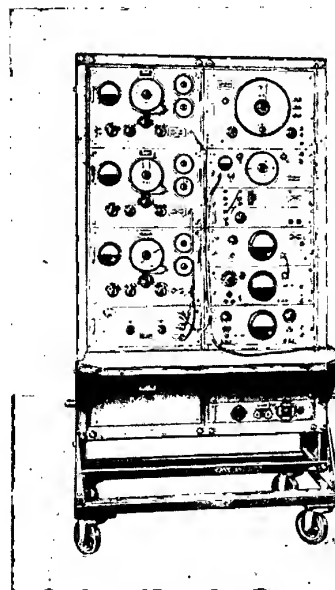


Bild 11 Empfängermeßgestell

Infolge des komplizierten Aufbaues des Einseitenbandempfängers ist es notwendig, auch im Betrieb von Zeit zu Zeit die erforderlichen Kontrollmessungen durchzuführen. In Bild 11 ist ein Meßgestell für diesen Zweck dargestellt. Die linke Seite des Gestells enthält drei Meßsender und eine Eichleitung zur Dosierung der Ausgangsspannung dieser Meßsender. Mit dem mittleren Meßsender wird der Trägerrest, mit dem unteren Meßsender die Seitenbandamplitude eines empfangenen Senders nachgebildet. Der obere Meßsender dient als Störsender bei Kreuzmodulationsmessungen. Die rechte Gestellseite enthält von oben nach unten: einen Schwebungssummeer für Niederfrequenzmessungen, einen verstellbaren 100 kHz-Meßsender zur direkten Messung der Durchlaßkurven der Quarzfilter, ein Filter mit 425 Hz Durchlaßfrequenz für Übersprechmessungen nach dem Doppeltonverfahren, ein Schaltfeld, einen Tonfrequenzmesser, einen Pegelzeiger und ein Klirrfaktormeßgerät.

Zum Schluß seien noch einige technische Daten der geschilderten Anlagen genannt:

Sender:

Frequenzbereich: 3,7 ... 23 MHz,
6 quarzgesteuerte Frequenzen
mit Schalter wählbar.

Frequenzkonstanz: $\pm 2 \times 10^{-6}$

Betriebsarten: A 3 a (Zweiseitenbandmodulation)
A 3 b (Einseitenbandmodulation-
Telefonie)
A 2 (Telegrafie tönend).

Ausgangsleistung:	Steuervorsatz 1 W Endstufe 20 kW.	Zwischenfrequenzfestigkeit:	11,5 N.
Störabstand:	6 N bei voller Aussteuerung eines Seitenbandes.	Kreuzmodulation:	50 μ V Trägerspannung u. 10 mV Störsenderspannung ($m=30\%$; 1000 Hz) in 10 kHz Abstand vom Träger ergeben 3,5 N Störabstand.
Übersprechabstand:	Betriebsart A 3 b a) linear: ≥ 4 N für Modulationsfrequenzen 100...6000 Hz b) nicht linear: $\geq 4,5$ N bei voller Aussteuerung eines Seitenbandes mit 2 Frequenzen.	Übersprechen:	Die Sicherheit gegen nichtlineares Übersprechen beträgt 7 N bei einem Ausgangspegel von + 1,0 N.
NF-Durchlaß pro Seitenband:	150 ... 6000 Hz.	NF-Durchlaß pro Seitenband:	150 ... 6000 Hz.
NF-Eingangswiderstand:	600 Ohm symmetrisch für 100 ... 6000 Hz.	NF-Ausgang:	600 Ohm.
NF-Eingangspegel:	≥ -3 N für volle Aussteuerung eines Seitenbandes.	NF-Pegel:	0 N mit Regelmöglichkeit + 0,5 N ... 1 N.
Trägerrest:	ca. 5 % der vollausgesteuerten Seitenbänder.	Automatische Regelung:	Ausgangsspannung $0\text{ N} \pm 0,2\text{ N}$ bei einer Schwankung des Restträgers von 0,5 μ V bis 10 mV (Seitenbandamplitude gleich 10facher Trägerrestamplitude).
Empfänger:			
Frequenzbereich:	Bereich I 3,7 ... 10,2 MHz Bereich II 9,5 ... 23,5 MHz.		
Frequenzkonstanz:	Nach 25 min Einbrenndauer bleibt der Empfänger innerhalb des Regelbereiches der selbsttätigen Frequenznachstellung.		
Betriebsarten:	A 3 a; A 3 b.		
Empfindlichkeit:	Rauschabstand besser als 3 N bei 0,5 μ V Trägerrestamplitude an 60 Ohm und 5 μ V Seitenbandamplitude.		
Selektion:	Flankensteilheit der Seitenbandquarzfilter 7 N/1000 Hz.		
Spiegelwellenschwächung:	9,2 N.		

Aussprache

Auf eine Anfrage bezüglich der Wirkungsweise der Frequenznachregelung wurde von Herrn Gutzmann, Nürnberg, folgende Bemerkung gemacht: Die außerordentlich hohe Nachregelgenauigkeit des verwendeten Reglers beruht auf der Tatsache, daß im Gegensatz zu ähnlichen Einrichtungen das Drehmoment nicht absinkt mit Annäherung des Regelprozesses an seinen Gleichgewichtszustand, sondern daß bei konstantem Drehmoment lediglich die Regelgeschwindigkeit proportional der noch bestehenden Differenzfrequenz abnimmt.

Gruppe I II — Hochfrequenztechnik

Einführung

Von G. Leithäuser

Die Gruppe I II der Hochfrequenztechnik hat besondere Fragen aus dem Gebiet der kurzen Wellen zu behandeln. Dieses Gebiet, das sich besonders auf die Wellen unter 10 m Länge bis zum Dezimeterwellengebiet erstreckt, hat in der Neuzeit sehr reges Interesse gefunden; lassen sich doch in diesem Wellengebiet neue Rundfunksender und die Sender des Fernsehens unterbringen, während das Dezimeterwellengebiet besonders für den Einsatz in Richtstrahlern geeignet ist. In Dezimetergeräten ist die Verwendung von Gleichrichterröhren mit gewissen Schwierigkeiten verbunden. Daher hat der alte Detektor in abgewandelter Form für Dezimeterwellen wieder besondere Beachtung gefunden. Die Richtleiter in diesem Gebiet benutzen einen Halbleiter, welcher meist in Form einer Pille auf einen verschiebbaren Stempel aufgebracht ist und damit gegen eine federnde Kontaktspitze gedrückt werden kann. Auf diese Weise läßt sich ein elektrisch einwandfreier Richtleiter schaffen, welcher sogar gegen mechanische Erschütterungen unempfindlich ist.

Über das Verhalten solcher Detektoren im Dezimeterwellengebiet wird uns der dritte Vortrag am heutigen Tage von K. Schmid, Pforzheim, berichten. Diese Detektoren haben drei markante Spannungsgebiete (unterhalb 1 V), wobei im Gebiet negativer Spannungen ein sehr hoher Widerstand als Sperrwiderstand vorhanden ist, während bei anwachsender Spannung nach positiven Werten der Strom exponential zunimmt. Steigert man die Spannung noch weiter, so hat man proportionale Stromzunahmen, wobei der ohmsche Widerstand als „Bahnwiderstand“ sehr viel kleiner ist als der Sperrwiderstand. Der exponentielle Verlauf der Kennlinie gestattet, durch kleine Änderungen der Gleichspannungen sehr viel höhere Abänderungen des differentiellen Widerstandes zu erzwingen. Herr Schmid hat diese Verhältnisse in seiner Arbeit eingehend untersucht. Das benutzte Ersatzschaltbild zeigt den erwähnten differentiellen Widerstand der Exponentialkennlinie, dem eine Grenzschiebkapazität parallel geschaltet ist. Dieser Verzweigung ist der Bahnwiderstand vorgeschaltet, sowie der Induktivität der Nadel. Parallel zum Ganzen muß man noch eine Fassungskapazität annehmen. Für den Bahnwiderstand wird gefunden 12 Ohm, für die Nadelinduktivität 2,8 nH und für die Fassungskapazität 1,2 pF. Die Grenzschiebkapazität liegt zwischen 0,8 und 1,4 pF. Die Arbeit vermittelt ferner einen vorzüglichen Eindruck von den Arbeitsmöglichkeiten eines mit einer Dreh-Meßleitung ausgerüsteten Meßplatzes, welcher für Messungen im Dezimetergebiet besonders geeignet ist.

Die beiden anderen Vorträge in dieser Gruppe beziehen sich auf das Gebiet des Fernsehens. Hier beschäftigt sich der Vortrag des Herrn Bredner mit Meßgeräten für Fernsehempfänger. Da man im kommenden Jahr mit einer weitgehenden Einführung des Fernsehens im Bundesgebiet und auch in Berlin rechnen kann, ist es für die Hersteller von Fernsehapparaten von besonderer Wichtigkeit, Meß- und Prüfgeräte zur Verfügung zu haben, welche die Beschaffenheit der einzelnen Stufen des Fernsehempfängers zu überwachen gestatten. Zunächst wird es für die Industrie noch nicht möglich sein, zu den Hauptarbeitszeiten Sendungen des Fernsehens zur Ver-

fügung zu haben, so daß für das Laboratorium das Bedürfnis nach einfachen Meßsendern für Fernseh Zwecke recht groß ist. Herr Bredner behandelt in seinem Vortrag einen Prüfsender, der den deutschen Verhältnissen entsprechend für 625 Zeilen und 25 Bilder pro Sekunde im Zeilensprungverfahren arbeitet. Die erzeugten Steuerimpulse entsprechen den in Genf vor einem Jahr festgelegten. Von Wichtigkeit sind die Bildmustergeneratoren mit zugehörigem Mischverstärker sowie der eigentliche Hochfrequenzsender. Man kann Testbilder zur Prüfung der Helligkeitsabstufung und Bilder mit gekreuzten Balken und Linien mit einem solchen Bildmustergenerator erzeugen. Der Prüfsender kann auch fremdmoduliert werden, so daß man auch Fernsehübertragungen von Stellen außerhalb des Studios vornehmen kann. Der Vortrag behandelt weiter ähnliche Geräte, welche jedoch kleinere Abmessungen besitzen. Auch auf die zusätzlichen Elektronenstrahl-Oszillographen wird besonders eingegangen und auf die Anforderungen, die man an diese Geräte für Fernseh Zwecke stellen muß. Der Haupteinsatz der Oszillographen wird dazu dienen, die Wellenform der verschiedenen Spannungen und Frequenzen innerhalb der Fernsehempfänger sichtbar zu machen. Die Frequenzdurchlaßkurven der Bildzwischenfrequenzverstärker lassen sich mit diesen Geräten einwandfrei festlegen. Weiterhin wird das Röhrenvoltmeter für Fernsehempfänger behandelt. Es sind Röhrenvoltmeter entwickelt worden, welche mit kleinen Hochfrequenztrioden noch gute Angaben bis zu 300 mH und darüber liefern. Endlich sind noch wichtige Meßgeräte zur Ermittlung der hohen Bildröhrengleichspannung erforderlich, welche praktisch leistungslose Messungen erlauben. Hohe Eingangswiderstände von vielen Megohm sind erforderlich. Der Meßstrom darf 30 Mikroampere nicht überschreiten, um den jeweilig benutzten Gleichrichter nicht zu sehr zu belasten. Für den 30 Kilovoltbereich ist daher ein Meßwiderstand von 1000 Megohm erforderlich; Widerstände, welche zumindest erhebliche Fertigungsschwierigkeiten verursachen. Die im Vortrag berührten Meßgeräte werden diejenigen sein, welche die Reparaturstellen für Fernsehempfänger nötig haben, damit kleine Instandsetzungen möglichst auch im Hause des Fernsehkunden durchgeführt werden können.

Als weiterer Vortrag, der einen großen Überblick geben wird, ist der Vortrag von Herrn Urtel über die Ablenktechnik des Fernsehens zu nennen. Er befaßt sich zunächst mit der magnetischen Ablenkung bei der Fernschröhre. Weiterhin berichtet er über die Schaltungstechnik für die Vertikal- und die Horizontalablenkung und behandelt zum Abschluß das Ablenkfeld als solches. Die magnetische Ablenkung ist bei Fernschröhren gegenüber der statischen Ablenkung beim Oszillographen üblich geworden, da sie bei großen Ablenkungswinkeln einfachere Anordnungen bedingt. Zur Erzeugung der Felder sind sägezahnförmig verlaufende zeitliche Änderungen nötig, welche an Linearität und Rücklaufdauer hohe Anforderungen stellen. Für die Horizontalablenkung stehen dabei bei 25 Bildern in der Sekunde und einer Zeilenzahl von 625 pro Bild nur 9 Mikrosekunden zur Verfügung. Die magnetische Ablenkung kann dabei mit Ablenk-

geräten auskommen, welche aus normalen Netzspannungen von 200 bis 400 V betrieben werden. Gleichzeitig kann man die Hochspannung für die Bildröhre aus den hohen Spannungsspitzen erzeugen, welche an den Ablenkspulen beim Rücklauf auftreten, da der Leistungsbedarf bei 10 kV nur 100 Mikroampere beträgt. Dabei können die Ablenkspulen im Gegensatz zur statischen Ablenkung außerhalb der Röhre angebracht werden und sind damit ein Bestandteil des Gerätes und nicht der Bildröhre. Im Vortrag werden nun die verschiedenen Schaltungsarten beleuchtet, welche für die magnetische Ablenkung eingesetzt werden. Die notwendigen Sägezahnspannungen, erzeugt durch Aufladung eines Kondensators und periodische Entladung mittels einer impuls-gesteuerten Hilfsröhre, benutzen wegen der notwendigen Linearität nur einen Bruchteil der verfügbaren Ladespannung. Gleichstromunterdrückung in den Ablenkspulen ist zweckmäßig. Hinsichtlich des Innenwiderstandes des Generators sind zwei Fälle möglich, mit kleinem und mit hohem Innenwiderstand, bei welchen aber die Ursprungsspannung oder der Urstrom verschiedene Gestaltungen haben. Die Verwendung einer Gegenkopplung ist bei solchen Schaltungen brauchbar und wird eingehend erläutert. Man benutzt dann am Gitter der Verstärker-röhre die Differenz einer Fremdspannung und der aus dem Anodenkreis entnommenen Gegenkopplungsspannung, was allerdings einen erhöhten Fremdspannungsbedarf erforderlich macht. Im Vortrag wird auch das Verfahren einer mitlaufenden Ladespannung erörtert, welches eine der Kondensatorspannung entsprechende Zusatzspannung in den Ladekreis einkoppelt. Der Spannungsabfall am Ladewiderstand bleibt hierdurch konstant, so daß die Kondensatorspannung linear mit der Zeit ansteigen kann. Eine besonders angeführte Schaltung zeigt eine kombinierte Spannungs- und Stromkopplung.

Bei der Schaltungstechnik der Horizontalablenkung kann die eigene Zeitkonstante der Spule als groß gegen-

über der Periode angesehen werden, so daß sie im wesentlichen als Induktivität wirksam ist und einen Verlustwiderstand besitzt. Die Wirkungsweise der Ablenk-schaltung ist daher anders als im ersten Falle. Die Bedingungen der Grundschialtung werden in dem Vortrag eingehend untersucht und es werden Vorschläge für Rückgewinnungsschaltungen gemacht, welche eine Ersparnis der aufgewandten Spannungen zulassen. Geschickte Anwendung von Dioden, gewissermaßen als Momentan-Schalter geben den angeführten Schaltungen eine besondere Note.

Der Vortrag behandelt zum Schluß das Ablenkfeld selbst. Die elektrische Dimensionierung wird durch den geforderten Ablenkwinkel und die im Maximum im Feld gespeicherte Energie bestimmt. Dabei interessieren besonders die auftretenden elektronenoptischen Eigenschaften. Von den verschiedenen Möglichkeiten erscheint die Verwendung eines homogenen Feldes immer noch als günstigste. Die entstehenden Brennpunkte oder Brennnlinien liegen auf gewölbten Flächen, was zu einer bestimmten endlichen Krümmung der Schirmfläche zwingt. Der ebene Bildschirm führt zu einer Verzeichnung, welche nur durch Felddeformierungen kompensiert werden kann. Durch geeignete Verteilung der Strombelegung kann die Feldform beeinflußt werden. Oftmals verwendet man Kopfwinkelungen, welche über den Hals der Bildröhre gezogen sind. Hierbei treten aber kurz vor den Schirmflächen Sattelpunkte auf. Das Kopffeld ist nicht sehr ausgedehnt und die Feldrichtung des Streufeldes dem Nutzfeld entgegengesetzt. Im Vortrag wird eine neue Form des benutzten Joches gezeigt, welches einen günstigeren Verlauf des Kopffeldes besitzt. Bei dieser Form kann man an dem benutzten Joch selbst genügend hohe Spannung hervorrufen, um mit einem einfachen Spannungs-verdoppler die Hochspannung für die Fernröhre ohne Transformator zu erzeugen. Die Hochspannungserzeugung ist dabei unmittelbar an das Joch angebaut.

Die Ablenktechnik des Fernsehens

Von R. Urtel

Magnetische Ablenkung

Die Fernsehtechnik benutzt (von kleinsten Bildformaten abgesehen) zur Ablenkung der Kathodenstrahlen ausschließlich magnetische Felder. Dieser Unterschied zur Oszillographentechnik bedarf einer kurzen Begründung:

Während beim Oszillographieren beliebige, vorher unbekannte Kurvenformen geschrieben werden sollen, handelt es sich beim Fernsehen immer um eine festliegende Kurvenform. Daher besteht die Möglichkeit zur Entwicklung spezieller Schaltungen, die eben diese zeitlich sägezahnförmig verlaufenden Felder wirtschaftlich aufzubringen gestatten trotz der hohen Anforderungen an Linearität und Rücklaufdauer, für die in der Horizontalablenkung bei 25 Bildern/s und 625 Zeilen/Bild nur 9 μ s zur Verfügung stehen.

Bei den großen Ablenk winkeln moderner Fernseh-röhren (70°) und den bei Hochvakuumröhren nicht unerheblichen Strahlquerschnitten im Ablenkfeld (Ablenkfeld und Fokussierungsfeld liegen aus Gründen der Empfindlichkeit und der Baulänge dicht beieinander) würden sich bei elektr. Ablenkung Plattenabstände ergeben, die zu Ablenkspannungen von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der Anodenspannung (~ 10 kV) führen. Rücklaufdauer und Kapazitäten legen die erforderlichen Ströme fest, so daß die elektr. Ablenkung erheblichen Aufwand an Netzgeräten und Verstärkerröhren mit sich bringt. Bei magnetischer Ablenkung können die Ablenkgeräte aus normalen Netzgeräten von 200...400 V betrieben werden, wie sie für den ganzen übrigen Teil des Fernsehempfängers sowieso gebraucht werden; sie bringen nur einen erhöhten Strombedarf mit sich. Ein besonderer Vorteil ergibt sich für die Erzeu-

gung der Hochspannung für die Bildröhre, da wegen des schnellen Wechsels der Feldrichtung beim Rücklauf der Horizontalablenkung an den Ablenkspulen hohe Spannungsspitzen auftreten und diese bei dem kleinen Leistungsbedarf des Strahles (10 kV, 100 μ A) für die Hochspannungserzeugung benutzt werden können. Insbesondere ergeben sich wegen der Zeilenfrequenz von 15 kHz sehr kleine Beruhigungskapazitäten ($\sim 100 \dots 500$ pF).

Das Ablenkfeld stellt ein elektronenoptisches Prisma dar. Der Ablenkvorgang geht nicht ohne Einfluß auf den Leuchtfleck vor sich. Nähere Untersuchungen zeigen nun, daß die Verschlechterung des Leuchtflecks bei magn. Ablenkung wesentlich kleiner ist als im Falle elektr. Ablenkung. Das Bestehen eines grundsätzlichen Unterschiedes wird verständlich, wenn man bedenkt, daß das Elektron im elektr. Feld fällt, also Arbeit aufnimmt, während im magn. Feld die Änderung der Richtung ohne Geschwindigkeitsänderung erfolgt. Der elektronenoptische Vorteil des magn. Ablenkfeldes dürfte ausschlaggebend sein.

Schließlich bedeutet es einen Vorteil der magn. Ablenkung, daß die Ablenkspulen nicht im Inneren der Bildröhre untergebracht werden müssen, wie dies bei den Ablenkplatten der Fall ist. Die Ablenkorgane sind damit Bestandteil des Gerätes und nicht des Verschleiß-teils Bildröhre, das durch Fortfall von Montage und Justierung wesentlich billiger wird.

Schaltungstechnik der Vertikalablenkung

Es haben sich für Vertikal- (50...60 Hz) und Horizontal- (10...15 kHz) Ablenkung sehr verschiedene Techniken entwickelt. Der Grund dafür liegt in der Tatsache, daß die

praktisch gegebenen Abmessungen der Ablenkspulen zu einer Zeitkonstante L/R führen, die im einen Fall klein gegen die Periode (Vertikalablenkung), im anderen Fall groß gegen die Periode ist (Horizontalablenkung). Für den Schaltungstechniker stellt also die Spule im Falle der Vertikalablenkung im wesentlichen einen Widerstand dar, ihre Induktivität (also eben das gewünschte Magnetfeld) ist eine „störende“ Beigabe.

Grundschiung. Bild 1 a zeigt die Grundschiung: Die Spule liegt im Anodenkreis einer Verstärkerröhre, die am Gitter mit einer „Sägezahn“- (SZ)-

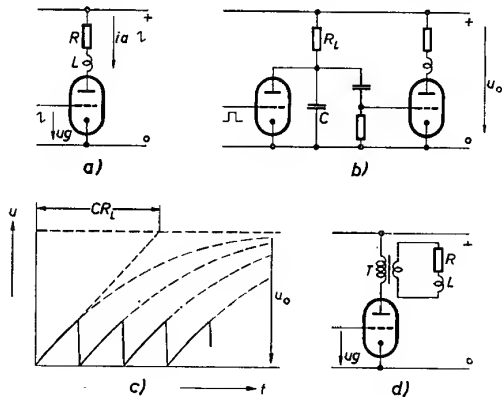


Bild 1 Grundschiung der Vertikalablenkung

Spannung gesteuert wird. (Der Übersichtlichkeit halber sind hier wie im folgenden die Mittel zur Gittervorspannungserzeugung fortgelassen.) Der Steuer-SZ wird nach Bild 1 b gewonnen durch Aufladung eines Kondensators aus der allg. Anodenspannungsquelle und periodische Entladung mittels einer impulsgetriebenen Hilfsröhre. (Meist ist diese „SZ-Röhre“ als selbstschwingender Generator, der durch Impulse synchronisiert wird, geschaltet. Dies ist für unser Thema unerheblich.) Bild 1 c zeigt, daß wegen des exponentiellen Anstiegs der Kondensatorspannung bei vorgegebener Linearität des SZ nur ein Bruchteil der verfügbaren Ladespannung u_o aussteuerbar ist. (Der ausnutzbare Anteil ist gleich dem Geschwindigkeitsfehler.) In der Schaltung des Bildes 1 b wird die Spule vom Anodengleichstrom durchflossen, dem der gewünschte SZ-Strom überlagert ist. Dies würde eine Vor-

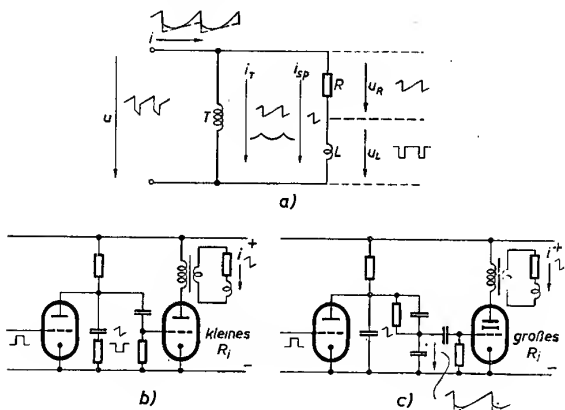


Bild 2 Einfluß des Transformators bei großem und kleinem R_i

ablenkung des Strahles bedeuten. Zur Unterdrückung des Gleichstromes sind die verschiedensten Schaltungen möglich (Drosselankopplung, Spule in einer Brücke usw.), von denen sich die Transformatorankopplung Bild 1 d fast völlig durchgesetzt hat. Neben der Gleichstromunterdrückung gestattet der Transformator, die Ablenkspulen für die Vertikalablenkung mit sehr kleiner Eigenfrequenz auszubilden, wodurch störende Einschwingvor-

gänge, die durch die Horizontalrückläufe infolge nicht vollständiger Entkopplung ausgelöst werden, unschädlich gemacht werden.

Innenwiderstand des Generators. Es entstehen nun zwei Komplikationen, die durch das L der Ablenkspule und durch die Transformatorankopplung hervorgerufen werden. Bild 2 a zeigt das Ersatzschaltbild der Spule mit dem Transformator, der vereinfachend durch seine Querinduktivität ersetzt sei. Da im Spulen-zweig ein SZ-Strom fließen soll, steht an der Widerstandskomponente der Spule eine SZ-Spannung und am L der Spule eine Rechteckspannung. Als Gesamtspannung an den Klemmen der Spule erscheint also eine aus SZ und Rechteck zusammengesetzte Spannung. Die gleiche Spannung steht über dem Transformator. Die Rechteckkomponente der Spannung treibt durch die Transformator-Induktivität einen SZ-Strom, die SZ-Komponente der Spannung ergibt einen aus Parabelabschnitten bestehenden Strom.

Wir haben nun zwei Möglichkeiten:

- a) Wir betreiben die Anordnung aus einem Generator sehr kleinen Innenwiderstandes, dessen Ursprung aus SZ und Impuls zusammengesetzt ist.
- b) Wir betreiben die Anordnung aus einem Generator sehr hohen Innenwiderstandes, dessen Urstrom aus SZ und Parabel zusammengesetzt ist.

Die beiden Fälle sind in Bild 2 b und c dargestellt, wobei in Bild 2 b die erforderliche Spannungsform für die Gitterspannung der Triode kleinen Innenwiderstandes dadurch erzielt wird, daß zu dem am Ladekondensator stehenden SZ eine Impulskomponente mittels eines in Serie liegenden kleinen Widerstandes durch den

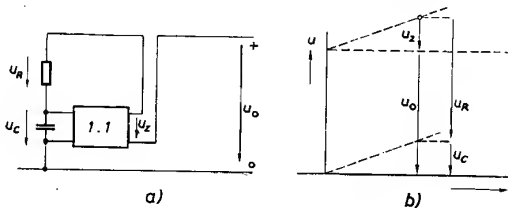


Bild 3 Mittelaufende Ladespannung

Entladestromstoß addiert wird, während in Bild 2 c der Steuer-SZ durch ein geeignetes Netzwerk so verformt wird, daß die Gitterspannung und damit der Strom der Pentode hohen Innenwiderstandes aus SZ und Parabel bestehen. Der Transformator würde bei üblicher Dimensionierung nach der Übertragung des in dem SZ-Vorgang enthaltenen Spektrums erhebliche Dimensionen annehmen. In Wirklichkeit kommt man mit einem verhältnismäßig kleinen Transformator (etwa M 55) aus, da der Parabelstrom im Sinne einer Verkleinerung des mittleren Anodenstromes gegenüber dem Falle des reinen SZ-Stromes wirkt. Man kann im einfachsten Falle die Erzeugung der Parabelkomponente der Krümmung der Röhrenkennlinie überlassen; der Arbeitspunkt ist dann natürlich kritisch. Der kleinste Transformator ergibt sich bei einer Zeitkonstante mit dem Spulenwiderstand vom

$\frac{1}{2\sqrt{3}}$ fachen der Periode. Er ist im Falle der Benutzung der Kennlinienkrümmung nicht verwendbar, weil dann ein Stromminimum innerhalb der Periode erforderlich ist.

Gegenkopplung. Die erforderlichen sehr kleinen bzw. sehr großen Innenwiderstände und der Wunsch nach Unabhängigkeit von der Röhrenkennlinie legen es nahe, mit Gegenkopplungsschaltungen zu arbeiten, wobei die Spannungsgegenkopplung zum Generator kleinen Innenwiderstandes, die Stromgegenkopplung zum Generator großen Innenwiderstandes führt. Beiden Fällen ist gemeinsam, daß am Gitter der Verstärkerröhre nur die Differenz aus einer Fremdspannung und der dem Anodenkreis entnommenen Gegenkopplungsspannung wirksam wird. Es entsteht also ein erhöhter Fremdspannungs-

bedarf. Hier ergeben sich neue Schwierigkeiten, da wir weiter oben festgestellt hatten, daß bei vorgegebener Linearität nur ein kleiner Bruchteil der verfügbaren Ladespannung ausnutzbar ist. Abhilfe schafft hier das Verfahren der „mitlaufenden Ladespannung“ (das nebenbei bemerkt auch dem im angelsächsischen Schrifttum häufiger anzutreffenden „Miller Integrator“ zugrunde liegt).

Bild 3 a zeigt die Grundsaltung dieses Verfahrens, die darin besteht, daß über einen die Phase nicht umkehrenden 1 : 1-Verstärker eine der Kondensatorspannung entsprechende Spannung in den Ladekreis eingekoppelt wird. Wie das Diagramm 3 b verdeutlicht, wird dadurch erreicht, daß der Spannungsabfall am Ladewiderstand konstant bleibt, infolgedessen auch der Strom durch den Ladewiderstand, so daß die Kondensatorspannung linear mit der Zeit ansteigen muß. Auf diese Weise kann die zur Verfügung stehende Ladespannung zu einem erheblichen Teil ausgenutzt werden; er ist beschränkt durch die Übersteuerung des Verstärkers.

Die beiden Gegenkopplungsfälle in Verbindung mit dem Verfahren der mitlaufenden Ladespannung sind in Bild 4 a u. b dargestellt, wobei die transformatorisch in den Gitterkreis eingekoppelte Gegenkopplungsspannung gleichzeitig im Ladekreis des SZ-Kondensators liegt und, wie man sich leicht überzeugt, als mitlaufende Ladespannung wirkt. Natürlich müssen wir im Falle der Spannungsgegenkopplung (kleines R_i) der steuernden Spannung wieder die erforderliche Form SZ + Impuls geben.

Im Falle der Stromgegenkopplung (Bild 4 b) benötigen wir bei Entnahme der Gegenkopplungsspannung aus dem Sekundärkreis das in Bild 2 c enthaltene entzerrnde Netzwerk nicht mehr, da die Gegenkopplungsspannung selbst einen entsprechenden Einfluß auf die Gitterspannung ausübt.

Bei der Spannungsgegenkopplung entsteht eine Komplikation dadurch, daß auch die Impulskomponente gegengekoppelt wird und es Schwierigkeiten macht, die steuernde Impulskomponente aufzubringen, abgesehen davon, daß ein großer Impuls Widerstand leicht zur Einstreuung unerwünschter Zeilenimpulse in die Vertikalablenkung führt. Weitere Schwierigkeiten liegen im Anstoß unerwünschter Schwingungen der Streuinduktivitäten durch die Impulsvorgänge und darin, daß der Generator kleinen Innenwiderstandes die Spannung an den Klemmen des Verbrauchers konstant hält und infolgedessen bei thermischen Änderungen sich der für uns wichtige Strom durch den Verbraucher ändert (Abhilfe z. B. durch Heißleiter). Bei der Stromgegenkopplung Bild 4 b müßte die Zeitkonstante aus Gegenkopplungstransformator und Gegenkopplungswiderstand groß gegen die Periode der Vertikalablenkung sein, wenn man nicht weitere Entzerrungsmaßnahmen anwendet.

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, daß die Gegenkopplungsschaltungen natürlich nicht nur mit einer Transformatorkopplung ausgeführt zu werden brauchen, vielmehr alle anderen üblichen Schaltungen hier auch Anwendung finden können.

Schaltungstechnik der Horizontalablenkung

Grundsaltung. Im Falle der Horizontalablenkung kann die Eigenzeitkonstante der Spule als groß gegen die Periode angesehen werden, so daß die Spule für die Schaltungstechnik im wesentlichen als Induktivität wirkt, die mit einem Verlustwiderstand behaftet ist. Infolgedessen haben die hier angewendeten Ablenkungen eine gänzlich andere Wirkungsweise, die wir uns am besten an Hand eines Ersatzschaltbildes, Bild 5 a, klar machen. Legen wir an einen aus der Ablenkspule und den unvermeidlichen Kapazitäten bestehenden Kreis über einen Schalter sehr kleinen Innenwiderstandes eine konstante Spannung u_0 an, so wird nach momentan erfolgter Aufladung des C der Strom in der Induktivität exponentiell ansteigen gegen einen Grenzwert, der durch den Kurzschlußstrom $\frac{u_0}{R}$ gegeben

ist. In Analogie zum früher behandelten Fall der SZ-Spannung kann über einen hinreichend kleinen Strombereich dieser Anstieg als linear angesehen werden. Öffnen wir den Schalter, so beginnt der Kreis eine freie Schwingung. Die magnetische Energie $\frac{1}{2} Li^2$ erscheint nach einer $\frac{1}{4}$ Schwingung als elektrische Energie $\frac{1}{2} Cu^2$ und baut am C eine hohe Spannungsspitze auf. Nach einer weiteren $\frac{1}{4}$ Periode finden wir sie wiederum als magnetische Energie wieder, wobei sich jetzt die

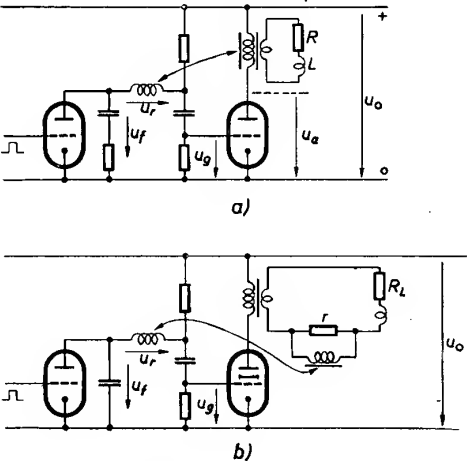


Bild 4 Vertikalablenkung mit Gegenkopplung und mitlaufender Ladespannung

Stromrichtung in der Spule umgekehrt hat. Die Größe dieses Stromes ist infolge der Dämpfungsverluste etwas kleiner als zu Beginn der freien Schwingung. Gelingt es uns nun, durch einen noch anzugebenden automatischen Vorgang den Schalter wieder zu schließen, wenn der Spulenstrom annähernd wieder die ursprüngliche Anstiegsgeschwindigkeit hat, so hält die über der Spule stehende Gleichspannung diese Anstiegsgeschwindigkeit fest, der Spulenstrom geht gegen Null und wächst dar-

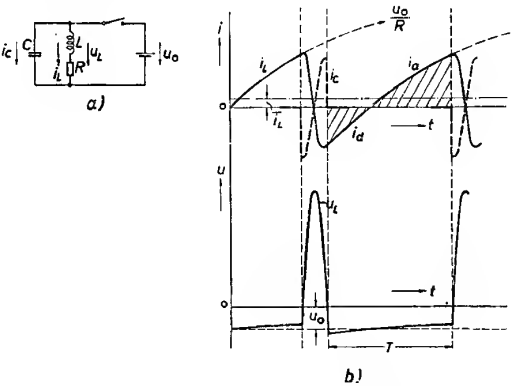


Bild 5 Grundsaltung für die Horizontalablenkung

über hinaus weiter an wie vorher beschrieben. In der ersten Hälfte des gesamten Stromanstiegs ist die Stromrichtung gegen die Batterie gerichtet, d. h. die Spule liefert Energie an die Batterie zurück, die sie in der zweiten Hälfte des Stromanstiegs wieder aufnimmt. Wir haben es also, abgesehen von den Dämpfungsverlusten, die sich in Form eines kleinen von der Batterie gelieferten mittleren Gleichstromes bemerkbar machen, hier mit einem „Blind-SZ-Strom“ zu tun, und nur auf diese Weise war es möglich, die verhältnismäßig großen Feldenergien aufzubringen, wie sie bei den hohen Strahlspannungen und großen Ablenkswinkeln moderner Bildröhren erforderlich werden. Setzt man die bei maximaler Auslenkung je Periode im Feld gespeicherte Energie in

Beziehung zur Leistungsaufnahme der Schaltung, so kann man von einer „Güte“ der Schaltung (Blind- zu Wirkleistung) sprechen. Bei einem Wert dieser Blindleistung von etwa 15 Watt lassen sich Güteziffern >1 erreichen. Die praktische Verwirklichung der Grundsaltung besteht darin, daß der in beiden Richtungen leitfähige Schalter durch die Parallelschaltung einer Röhre und einer Diode kleinen Innenwiderstandes in zur Röhre entgegengesetzter Durchlaßrichtung dargestellt wird. Das

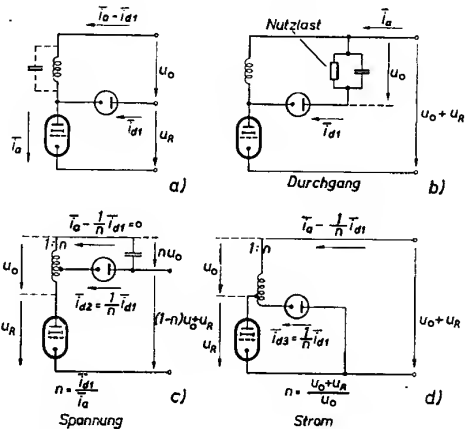


Bild 6 Energierückgewinnung bei der Horizontalablenkung

Sperren der Röhre entspricht dem Öffnen des Schalters, dann sperrt die Spannungsspitze den Gleichrichter, der erst leitend wird, wenn die Spannung über der Spule gleich der Batterie-Spannung u geworden ist.

Für die zweite Hälfte der langen SZ-Flanke bestehen mehrere Möglichkeiten. Wir wollen hier aber vereinfachend annehmen, daß die Endröhre, übersteuert durch eine SZ-Spannung, gerade den benötigten Spulenstrom als Anodenstrom liefert. Dieser stellt sich automatisch richtig ein, wenn durch eine kleine Restspannung dafür gesorgt wird, daß die Röhre im steilen Gebiet der Anoden-Spannungs-Anodenstrom-Kennlinie arbeitet. Bild 5 b

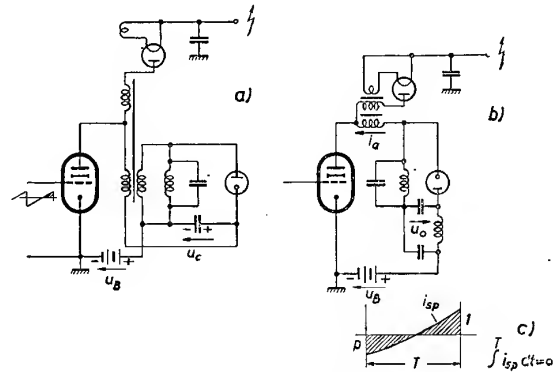


Bild 7 Schaltungen für die Horizontalablenkung

zeigt schematisiert, wie bei einem Verhältnis p des Spulenstroms zu Beginn und Ende der langen SZ-Flanke die mittleren Ströme i_a und i_d sich etwa wie $1:p^2$ verhalten.

R ü c k g e w i n n u n g s s c h a l t u n g e n . In Bild 6 a sind die auftretenden Gleichspannungen und mittleren Ströme angegeben, wobei u die für die Steilheit des SZ-Anstiegs maßgebende Spannung und u_R die Anodenrestspannung ist. Da schaltungstechnisch die Versorgung mit zwei Gleichspannungsquellen unbequem ist, müssen wir nach anderen Versorgungsmethoden Umschau halten. In der ältesten Form (Bild 6 b) wurde die „Hinlaufspannung“ durch den Spannungsabfall an einem

der Diode vorgeschalteten RC-Glied benutzt. Wenn dabei als Widerstand ein sowieso im Empfänger vorhandener Nutzverbraucher (z. B. der gesamte Tonteil) benutzt wird, so kann dessen Verbrauch der Ablenkschaltung nicht als Verlustleistung angerechnet werden. In der Mehrzahl der Fälle wird eine Schaltung nach Bild 6 c angewendet, in der durch geeignete Transformation erreicht wird, daß der mittlere Anodenstrom gleich dem mittleren Diodenstrom wird. Dann kann ein wesentlicher Teil der Hinlaufspannung von einem Kondensator geliefert werden, der bei Einschalten der Anordnung einmal aufgeladen wird. Als Batteriespannung werden also nur die Restspannung und ein Bruchteil der Hinlaufspannung benötigt; die Batterie wird aber mit dem vollen mittleren Anodenstrom belastet. Wir sprechen von „Spannungsrückgewinnung“ (im angelsächsischen Schrifttum „booster“). Eine dritte Form zeigt Bild 6 d, in der durch geeignete Transformation erreicht wird, daß in der ersten Hälfte des Hinlaufs (Diode) die Hinlaufspannung $u_1 + u_R$ im zweiten Teil dagegen (Röhre) nur die Spannung u wirksam ist. Die Batterie muß hier die volle Spannung $u_0 + u_R$ aufbringen, wird aber dafür nur mit einem kleinen Strom belastet, so daß wir von „Stromrückgewinnung“ sprechen. Für kleine oder verschwindende Restspannung wird eine Transformation überflüssig (siehe Bild 8).

Bild 7 a zeigt die in der Praxis am meisten vorkommende Schaltung, die in ihrer Wirkungsweise völlig dem Bild 6 c entspricht. Statt des schematischen Auto-

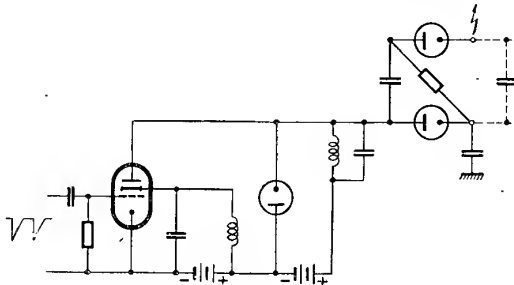


Bild 8 Transformatorfreie Horizontalablenkungsschaltung

transformators wird hier ein normaler Transformator verwendet, an den naturgemäß sehr hohe Anforderungen hinsichtlich geringer Streuung, geringer Kapazität und großer Hochspannungsfestigkeit gestellt werden. Die Ablenkspule liegt parallel zur Sekundärseite; durch die Polung der Sekundärseite kann erreicht werden, daß die Kathode der Schalterdiode keine Wechsellspannung führt. Wir erkennen die Spannungsrückgewinnung, die darin besteht, daß Batterie-Spannung und Kondensator-Spannung in Serie liegen. Gleichzeitig ist angedeutet, wie durch weitere Aufwärtstransformation der Rücklaufspitze der Hochspannungsgleichrichter gespeist wird, dessen Heizung einer auf dem gleichen Transformator liegenden Wicklung entnommen wird.

Bild 7 b zeigt eine in neueren amerikanischen Empfängern auftretende Schaltung, bei der der Transformator nur der Hochspannungserzeugung dient, während die Ablenkspule und die Diode direkt angekoppelt sind. Da der Spulenkreis nur über Kapazitäten geschlossen ist, liegt hier auch eine Form der Spannungsrückgewinnung vor, wobei auffällt, daß die früher (Bild 6 c) als notwendig erachtete Transformation nicht vorhanden ist. Der notwendigerweise verschwindende mittlere Spulenstrom wird in diesem Falle durch eine gegenüber den bisherigen Betrachtungen umgekehrt verlaufende Krümmung des Spulenstromes erreicht, und die dazu erforderliche veränderliche Hinlaufspannung wird durch ein geeignetes Netzwerk und eine geeignete Aussteuerung des Anodenstromes erzwungen. Die ausführliche Behandlung dieser Schaltung würde zu weit führen.

Schließlich sei in Bild 8 eine mit Stromrückgewinnung arbeitende Schaltung angegeben, die unter Zugrundelegung besonders hochspannungsfester Ablenkspulen und einer strahlungsgeheizten Spezialdiode (Lorenz Type PY 71) mit großer Ökonomie arbeitet. Die Anodenspannungserzeugung erfolgt hier unmittelbar an den aus der Ablenkspule entstehenden Ablenkspitzen mittels eines Spannungsverdopplers, wobei, wie weiter unten zu behandeln sein wird, die Heizwicklungen für die Hochspannungsgleichrichter unmittelbar auf dem Ablenkjoch untergebracht sind. Die Ansteuerung der Endröhre kann in diesem Falle mit rechteckiger Gitterspannung erfolgen, da der Anodenstrom ausschließlich von der Spulenspannung her bestimmt wird und der sehr kleine Innenwiderstand der Pentode (kombiniert mit einem Schutz gegen Schirmgitterüberlastung) durch ein Hochlaufen der Schirmgitterspannung am zweiten Teil des SZ-Anstiegs entsteht. Dies hat eine ähnliche Wirkung wie eine Spannungsgegenkopplung.

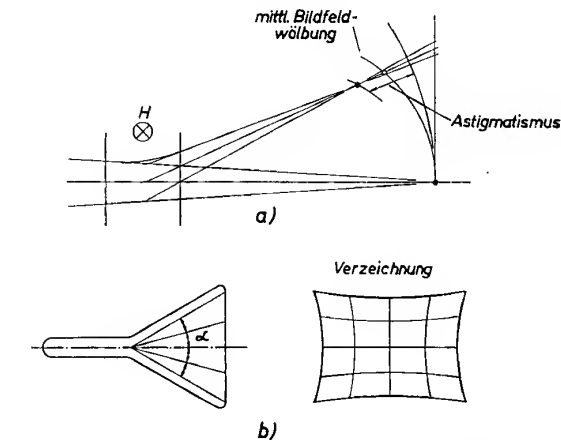


Bild 9 Elektronenoptische Fehler der Ablenkfelder

Wirbelstromentzerrung. Für den zeitlichen Ablauf des Ablenkfeldes sind, außer dem Strom in den Ablenkspulen selbst, die in benachbarten Teilen fließenden Wirbelströme mit verantwortlich. Je nachdem, ob wir wirbelstromführende Leiter im Innenfeld oder im Außenfeld wirksam werden lassen, können wir eine Beeinflussung des Ablenkfeldes vornehmen und damit die aus der Schaltung sich ergebenden Fehler korrigieren. Häufig werden wir solchen Effekten unfreiwillig begegnen, die wir dann Abschirmungen und benachbarten Teilen wie der Konzentrationsspule zuzuschreiben haben.

Das Ablenkfeld

Eigenschaften. Im Ablenkjoch überschneiden sich die schaltungstechnischen, elektronenoptischen und konstruktiven Anforderungen. Dabei liegen die mechanischen Abmessungen weitgehend durch Gesichtspunkte, die vom Bau der Bildröhren her gegeben sind (z.B. Halsdurchmesser), fest. Bei gegebener Strahlspannung und gegebenem Halsdurchmesser wird durch den geforderten Ablenkwinkel die im Maximum im Feld gespeicherte Energie bestimmt, die etwa 1 mW sec beträgt. Dieser Wert in Verbindung mit Eigenschwingungsdauer, Zeitkonstante und verfügbarer Hinlaufspannung legt die elektrische Dimensionierung weitgehend fest.

Es interessieren nun die elektronenoptischen Eigenschaften. Bild 9 dient der Andeutung der elektronenoptischen Fehler. Vereinfachend betrachten wir ein senkrecht zur Bildebene stehendes „abgehacktes“ Ablenkfeld H (Bild 9a) und erkennen, daß bei dieser Ablenkung eines konvergenten Bündels die die seitliche Begrenzung bildenden Strahlen sich an einer anderen Stelle überschneiden als die die obere und untere Begrenzung bildenden Strahlen. Durch Ändern der Brenn-

weite können wir auf dem Schirm einen in Ablenkrichtung oder quer dazu verzerrten Leuchtfleck sichtbar machen. Dieser „Astigmatismus“ könnte weitgehend vermieden werden, wenn wir ein inhomogenes, in Ablenkrichtung zunehmendes Feld verwenden würden. Leider zeigt sich, daß dann bei gleichzeitiger Ablenkung in beiden Koordinaten, also auf der Diagonalen, der

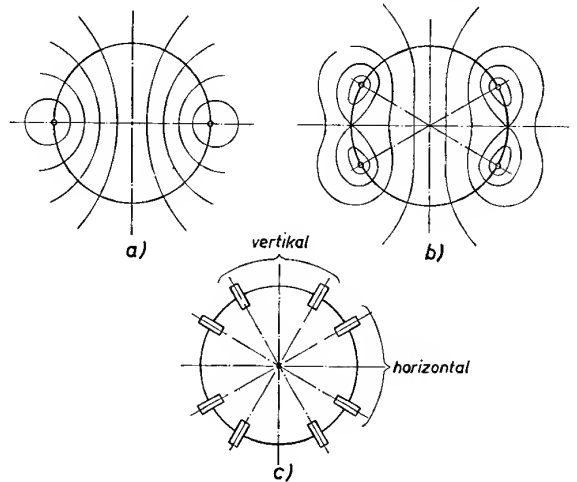


Bild 10 Feldbilder für Ablenkfelder (Ebene senkrecht zur Achse)

Fehler verschlimmert wird, so daß das homogene Feld als günstigster Kompromiß erscheint (Gleichberechtigung aller Richtungen). Bild 9a läßt gleichzeitig erkennen, daß die mehr oder weniger übereinstimmenden Brennpunkte oder Brennnlinien auf gewölbten Flächen liegen (sog. Bildfeldwölbung), was allein schon aus Schärfegründen zu einer endlichen Krümmung der Schirmfläche zwingt. Schließlich deutet Bild 9b an, daß, von allen Schärfüberlegungen abgesehen, der ebene Bildschirm zu einer Verzeichnung führt, die (abgesehen von komplizierten Modulationen der Ablenkströme) nur

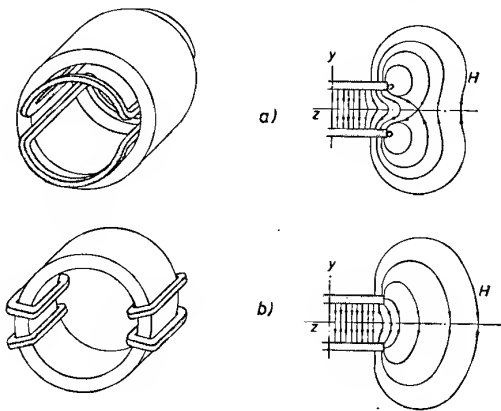


Bild 11 Stromrückführung und Feldbilder für Ablenkfelder

durch Felddeformierungen kompensiert werden können. Zwischen diesen drei wesentlichen Fehlern muß ein Kompromiß gefunden werden.

Bild 10a zeigt das ebene Feld, wie wir es im Inneren des Ablenkjoches annehmen können, wenn wir es durch zwei axiale Stromfäden erregen. Bild 10b zeigt, wie wir durch geeignete Verteilung der Strombelegung die Feldform beeinflussen können, den Extremfall würde eine kontinuierlich auf dem Umfang veränderliche Strombelegung darstellen. Es zeigt sich aber, daß wir mit diskreter Verteilung auskommen können, und Bild 10c gibt das Beispiel der Anregung der beiden Felder durch je zwei Stromfädenpaare.

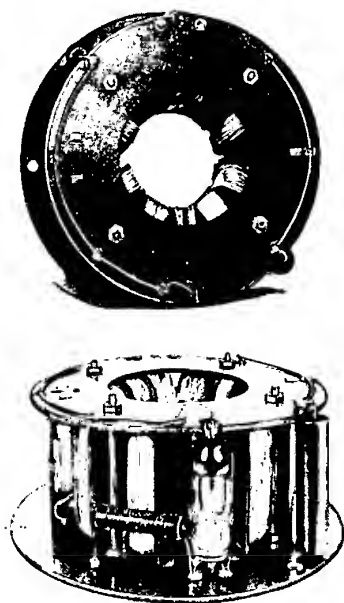


Bild 12 Joch für Ablenkung und Hochspannungserzeugung

Form des Ablenkfeldes. Das in Bild 10 behandelte ebene Feld liegt nur bei unendlich langen Stromfäden vor. Im praktischen Fall müssen diese zu endlichen Stromschleifen geschlossen werden. Den üblichen Weg zeigt Bild 11 a, der über den Hals der Bildröhre gezogene Kopfwicklungen verwendet. Das dazugehörige Feldbild in einer Ebene durch die Achse

in Feldrichtung läßt erkennen, daß kurz vor den Stirnflächen Sattelpunkte auftreten. Die Feldstärke auf der Achse geht durch Null, das Kopffeld ist infolgedessen nicht sehr ausgedehnt, die Feldrichtung des Streufeldes dem Nutzfluß entgegengesetzt. Elektronenoptisch sind die die Kopfwicklung umschlingenden Felder ungünstig. Die Empfindlichkeit ist dank der Tatsache, daß praktisch nur das Innenfeld erregt wird, günstiger als im Falle der in Bild 11 b gezeigten Rückführung der Stromfäden auf dem Außenmantel, da hier ein stärkeres Außenfeld erregt wird. Der Empfindlichkeitsunterschied zwischen beiden Feldern wird aber bei den kurzen Baulängen klein, da dann die im Falle b) das Hauptfeld unterstützenden Kopffelder eine größere Rolle spielen.

Zusammenhang zwischen Form und Hochspannung. Wir haben diese Form des Jochs verfolgt, weil einmal die elektronenoptische Qualität infolge des anderen Verlaufs der Kopffelder günstig ist, dann aber auch, weil einfache auf Körper gewickelte Spulen verwendet werden, die auf Halbschalen aufgefädelt sind. Die Folge davon ist, daß die durch die im Falle des Bildes 11 a aufeinanderliegenden Kopfwicklungen hervorgerufene Begrenzung der Spannungsfestigkeit weit hinausgeschoben wird und infolgedessen an dem Joch selbst genügend hohe Spannungsspitzen beherrscht werden können, um mit einem einfachen Spannungsverdoppler die Hochspannung ohne Transformator zu erzeugen.

Bild 12 zeigt ein solches Ablenkjoch, wie es im Standard Laboratorium der C. Lorenz A.G. entwickelt wurde.*) Die Hochspannungserzeugung ist unmittelbar an das Joch mit angebaut, da es möglich war, die Heizwicklungen für die Hochspannungsgleichrichter auf dem Joch selbst zwischen den Zeilenspulen-Paaren unterzubringen. Das Joch wird in einer Schaltung nach Bild 8 betrieben.

*) Die Entwicklung des Ablenkjoches und der dazu gehörigen Schaltung wurde von Herrn Dipl.-Ing. W. Reinhard durchgeführt.

Meßgeräte für Fernsehempfänger

Von R. Bredner

Für die Entwicklung von Fernsehempfängern, für ihre Serienfertigung sowie für ihre etwaige Reparatur beim Auftreten von Fehlern nach dem Verkauf der Geräte werden zum Teil besondere Meß- und Prüfgeräte benötigt, die in der bisherigen Rundfunktechnik unbekannt

sind oder aber hinsichtlich der Frequenz die sechs deutschen Fernsehkanäle im 174...216-MHz-Band nicht erfassen.

Beim Abgleich und auch beim Überprüfen der derzeitigen Rundfunkgeräte bedient man sich hochfrequenter Meßsender, die je nachdem, ob es sich um den LW-, den MW-, den KW- oder UKW-Bereich handelt, mit einem niederfrequenten Signal amplituden- oder auch frequenzmoduliert werden. Hat man einen derartigen Meßsender einmal nicht zur Verfügung, so sind praktisch zu jeder Tageszeit mehrere Rundfunksender der näheren und weiteren Umgebung in Betrieb, mit denen man das betreffende Gerät notfalls auch überprüfen kann. Beim Fernsehen liegen die Verhältnisse anders.

Wegen der höheren Programm-Unkosten senden Fernsehsender in der Regel nur in den Abendstunden, also zu einer Zeit, wenn das Interesse der Bevölkerung für den Fernsehempfang am größten ist; vor- und nachmittags nur gelegentlich und dann auch jeweils nur für kurze Zeit. Für die Überprüfung von Fernsehempfängern am Tage braucht man also auf jeden Fall ein Gerät, welches den Fernsehsender ersetzt. An ein derartiges Gerät sind technisch erhebliche Ansprüche zu

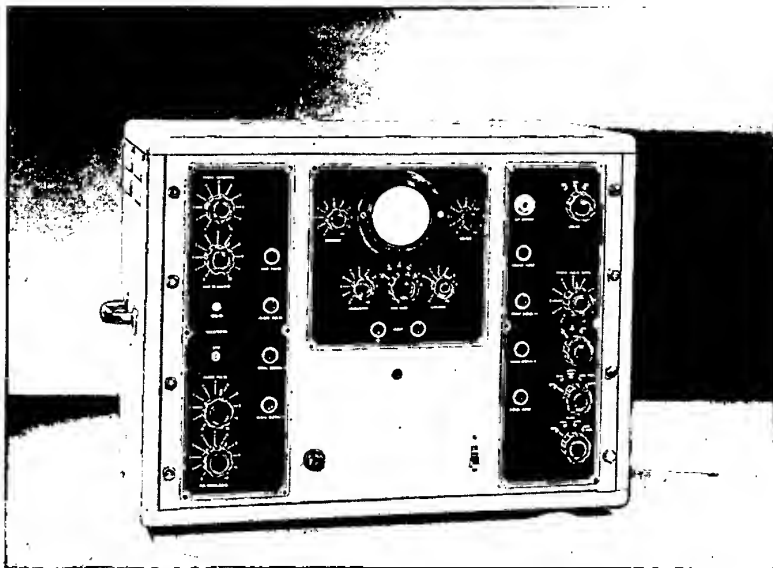


Bild 1 Fernseh-Prüfsender GM 2657; Ansicht

stellen, da ein Fernsehsender außer dem amplitudenmodulierten Bildträger und dem frequenzmodulierten Tonträger im gegenseitigen Abstand von 5,5 MHz mit dem Bild die Gleichlaufimpulse für das Zeilen- und Bildkippergerät im Empfänger sowie die Austastimpulse für die Dunkelsteuerung von Zeile und Bild während der Rücklaufzeiten ausstrahlt.

Bild 1 zeigt einen derartigen Prüfsender. Dieses Gerät ist den deutschen Verhältnissen entsprechend für 625 Zeilen und 25 Bilder/Sekunde im Zeilensprungverfahren eingerichtet; es entspricht hinsichtlich der von ihm erzeugten Steuerimpulse den CCIR-Normen, welche im vorigen Jahr in Genf festgelegt wurden, ist jedoch mit Hilfe einiger von außen zugänglicher Abgleichmittel auf Wunsch auch davon abweichend einstellbar. Bild 2 zeigt das Blockschaltbild des Gerätes, das auf vier getrennten Chassis aufgebaut wurde. Chassis I enthält den Kontroll-Oszillographen und das Netzspeisegerät, welches alle vom Prüfsender benötigten Spannungen, zum Teil stabilisiert, liefert. Chassis II enthält den Frequenzteiler, den Gleichlaufsignalgenerator und den Austastimpulsgeber, Chassis III die Bildmustergeneratoren und den Mischverstärker, Chassis IV endlich den Hochfrequenzsender.

Mit Hilfe der einzelnen Bildmustergeneratoren können verschiedene Bilder auf dem Schirm des zu prüfenden Fernsehempfängers erzeugt werden und aus ihrer Wiedergabe die entsprechenden Schlüsse hinsichtlich richtiger oder fehlerhafter Arbeitsweise der einzelnen Empfängerbauteile gezogen werden. Diese Bildmuster bestehen aus Graukeilen, aus waagerechten und senkrechten Balken oder Linien oder aus einem Punktraster; mit Hilfe eines Wahlschalters können verschiedene Muster miteinander gemischt werden. Bild 3 zeigt ein Testbild zur Überprüfung der Helligkeitsabstufung, Bild 4 gekreuzte Balken und Linien. Mit diesen Bildern können Zeilen- und Bildlinearität, Wiedergabe bei niedrigen und hohen Frequenzen — also die Bandbreite des Bildverstärkers —, die Gradation und anderes mehr geprüft werden.

Der Kontroll-Oszillograph, der im Chassis I eingebaut ist, dient zur Überprüfung der verschiedenen vom Gerät erzeugten Impulse.

Der Prüfsender kann auch von außen fremdbild- und tonmoduliert werden und kann damit auch als Impuls-

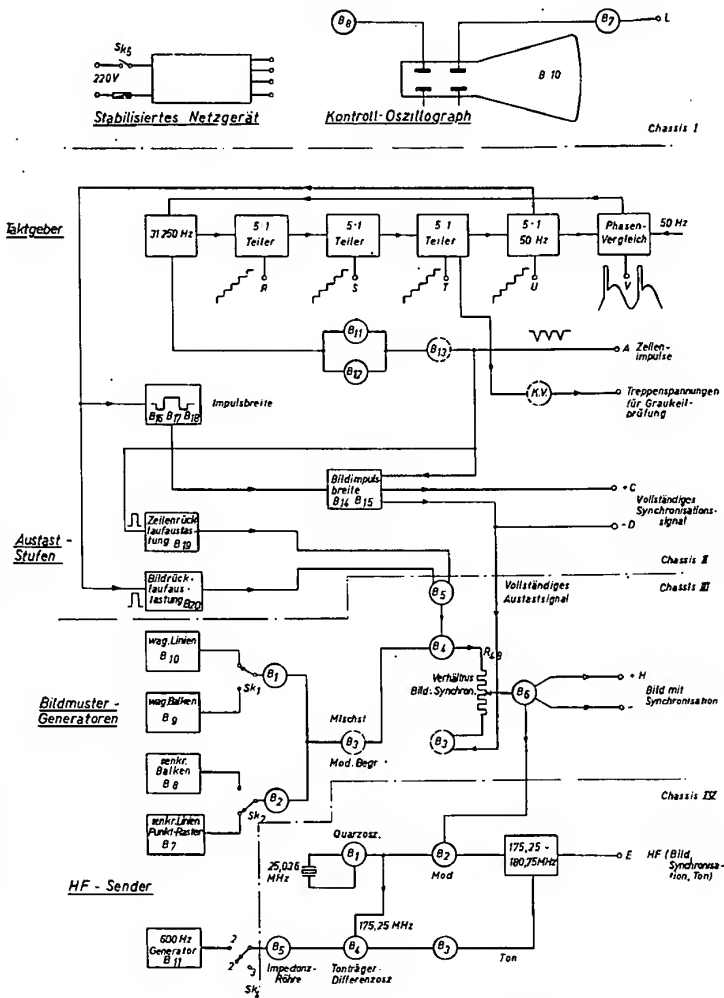


Bild 2 Fernseh-Prüfsender GM 2657; Blockschaltbild

zentrale für Fernsehübertragungen von Stellen außerhalb des Fernseh-Studios Verwendung finden.

Außer dieser Philips-Impulszentrale hat in die Laboratorien der Fernsehempfänger bauenden Industrie ein entsprechendes Gerät der Firma Lorenz Eingang gefunden, das Bild 5 zeigt. Im linken Teil ist die vollständige Impulszentrale mit einem Kontroll-Oszillographen untergebracht, im rechten die Monoskop-Anlage. Diese sendet ein vollständiges Testbild aus, welches auf den zu prüfenden Empfänger oder auf den Sender wäh-

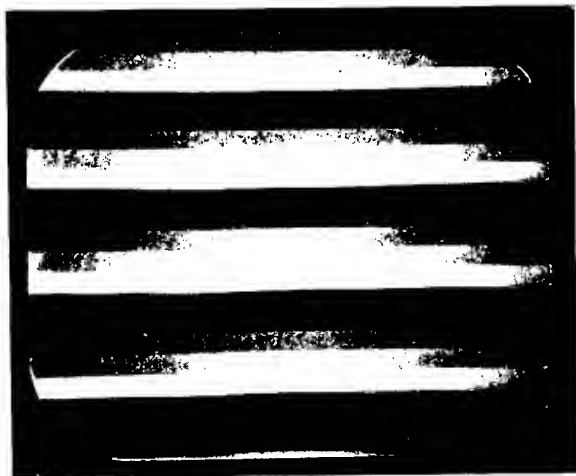


Bild 3 Fernseh-Prüfsender GM 2657; Helligkeitsabstufung

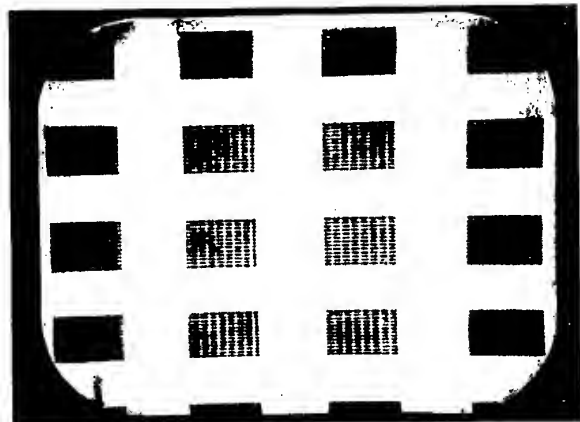


Bild 4 Fernseh-Prüfsender CM 2657; gekreuzte Balken und Linien

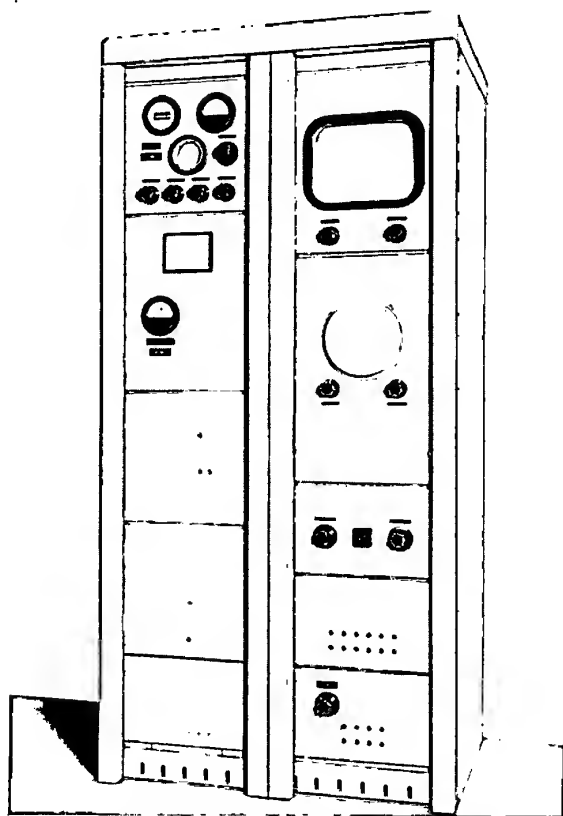


Bild 5 Lorenz Impulszentrale Typ 6 P 500

rend der Sendepausen gegeben werden kann. Dieses Testbild kann auf dem Schirm der in die Monoskop-Anlage eingebauten Kontroll-Bildröhre laufend überwacht werden.

Für die Serienfertigung von Fernsehempfängern sowie insbesondere für ihre spätere Reparatur — wenn möglich, im Hause des Kunden selbst — genügen oft wesentlich kleinere Prüfsender; ein derartiges Gerät zeigt Bild 6.

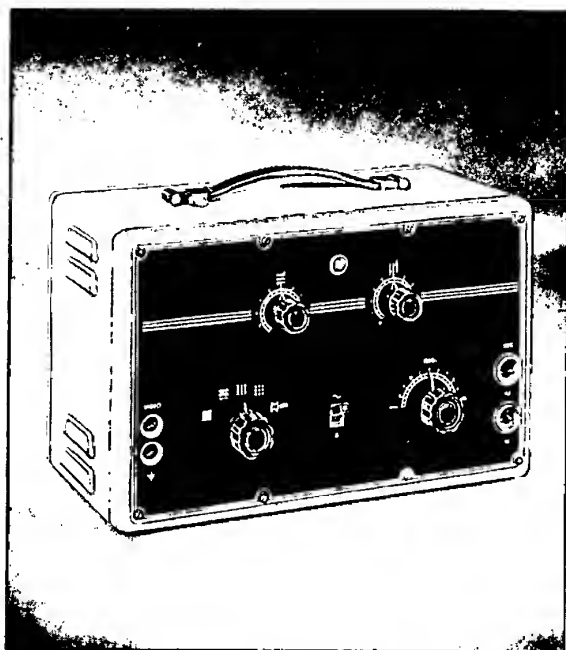


Bild 6 Fernseh-Empfänger-Prüfsender GM 2887; Ansicht

Dieser kleine tragbare Sender erzeugt waagerechte, senkrechte oder auch gekreuzte Balken, deren Zahl einstellbar ist; man kann auch die Steuer- und Austastimpulse oder auch den frequenzmodulierten Tonträger allein entnehmen. Die Hochfrequenz ist deutschen Verhältnissen entsprechend zwischen 174 und 216 MHz regelbar. Mit diesem Prüfsender hat man ein Gerät in der Hand, mit dem man schon eine recht eingehende Beurteilung eines Fernsehempfängers vornehmen und den dabei erkannten Fehler beseitigen kann.

Ein Meßgerät, welches schon in der derzeitigen Rundfunktechnik großen Eingang gefunden hat, ist der trägheitslose Elektronenstrahl-Oszillograph; für die Fernseh-technik ist ein derartiges Gerät unentbehrlich. Einen Oszillographen für Fernsehzwecke zeigt Bild 7. Ent-

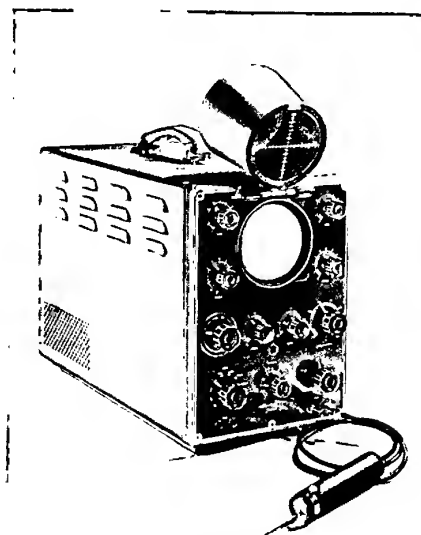


Bild 7 Elektronenstrahl-Oszillograph GM 5653; Ansicht

sprechend den zu stellenden Anforderungen umfaßt dieses Gerät einen Frequenzbereich von 1 Hz bis 3 MHz; bei 3 MHz ist die Verstärkung auf 70 % (um 3 db) abgefallen, bei 7 MHz beträgt sie noch 30 %. Bild 8 zeigt den Verlauf der Verstärkung und des Phasenwinkels zwischen 1 Hz und 7 MHz. Die erste Röhre des Meßverstärkers ist kathodengekoppelt, sie wirkt also als Impedanzwandler. Der Eingangswiderstand beträgt 1 Megohm bei 15 pF; die größte Empfindlichkeit ist 15 mVeff/cm Bildhöhe. Mit Hilfe eines besonderen Meßkopfes läßt sich der Eingangswiderstand, wie es bei verschiedenen Messungen erforderlich ist, auf 10 Megohm bei 8 pF heraufsetzen; die Meßspannung darf dann bis 280 Volt betragen. Für impulsförmige Spannungen ist der Oszillograph bis 500 kHz brauchbar; merkbare Verzerrungen treten dann noch nicht auf. Die Zeitablenkfrequenz läßt sich zwischen 5 Hz und 500 kHz einstellen.

Wesentliche Besonderheiten gegenüber von früher bekannten Philips-Oszillographen bestehen nicht. Außer der

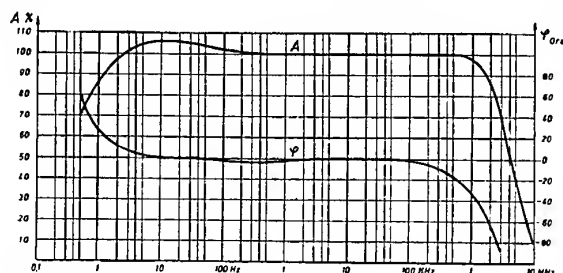


Bild 8 Elektronenstrahl-Oszillograph GM 5653; Verstärkung und Phasenwinkel zwischen 1 Hz und 7 MHz

Bestückung mit der DG 10—5 mit einem modernen elektronenoptischen System und vorgesetzter Kontrastscheibe ist vielleicht die „triggered“-Zeitablenkung bemerkenswert. In einer besonderen Schaltstellung des Synchronisationsreglers und bei Stellung des Synchronisationschalters auf „einmalige Zeitablenkung“ erhält man auf dem Leuchtschirm der Elektronenstrahlröhre unabhängig von der Meßfrequenz ein jeweils stehendes Bild, welches dadurch zustande kommt, daß jede Periode der Meßspannung das Zeitablenkgerät einmal auslöst.

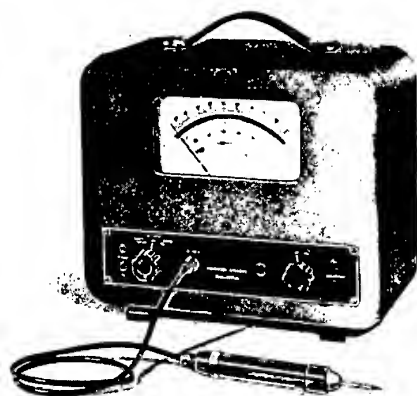


Bild 9 HF-Millivoltmeter GM 6005; Ansicht

Der hauptsächlichste Verwendungszweck des Oszillographen, nämlich die Wellenformen verschiedener Spannungen und Frequenzen im Empfänger sichtbar zu machen, gibt dem Fachmann, der mit dem Bau und der Instandsetzung von Geräten betraut ist, ein sicher arbeitendes Mittel in die Hand, das an allen Prüfstellen der Schaltung eine genaue Analyse der Vorgänge ermöglicht. Es macht alles Probieren auf Grund von Vermutungen überflüssig und erlaubt genaue Einstellung der richtigen Betriebsbedingungen. Zufriedenstellende Bilder erhält man in einem Fernsehempfänger aber nur, wenn

Abnehmerkreisen noch in diesem Jahr zur Verfügung gestellt werden können.

Um die genaue Lage dieser Frequenzdurchlaßkurven hinsichtlich der Frequenz bestimmen zu können, sind Markierungszeilengeber erforderlich, die in dem Wobbel sender selbst oder auch in einem getrennten Gerät angeordnet sein können. Dem auf dem Leuchtschirm des Oszillographen geschriebenen Kurvenzug sind dann — etwa an der vorderen und hinteren Abfallstelle der Durchlaßkurve — zwei kleine Wellenlinien überlagert, die vom Markierungszeichengeber herrühren und deren Frequenzstellen genau bekannt sind. Ähnliche Markierungszeichengeber sind auch schon von der Rundfunktechnik her bekannt.

Ein sehr wichtiges Meßgerät für den Fernsehempfänger ist ferner das Röhrenvoltmeter. Richtig gebaut, belastet es den Kreis, an den es geschaltet wird, in vernachlässigbarem Ausmaß. Es gibt daher unter dieser Voraussetzung genaue Ablesungen über die Bedingungen der zu prüfenden Schaltungsteile. In letzter Zeit wurden Röhrenvoltmeter entwickelt, die kleine Hochfrequenzdioden oder -trioden mit gutem Ansprechvermögen bei Frequenzen bis 300 MHz und mehr haben. Mit einem Gerät dieser Art kann man direkt an den Hochfrequenz-Oszillator und die Zwischenfrequenzkreise herangehen und die dort vorhandenen Spannungen bestimmen.

In diesem Zusammenhange ist auch ein sechsstufiges Hochfrequenz-Verstärker-Voltmeter interessant, das einen Spannungsbereich von 50 μ V bis 1000 V und einen Frequenzbereich von 1000 Hz bis 30 MHz umfaßt und damit noch die zur Zeit üblichen Zwischenfrequenzen des Bild- und Tonteiles der Fernsehempfänger einschließt. Bild 9 zeigt das Äußere des Gerätes; Bild 10 seine Innenschaltung. Die zu messenden Spannungen werden dem Gerät über einen kapazitiven Abschwächer zugeführt, der für die verschiedenen Meßbereiche zwischen 1 mV und 1000 V entsprechend einstellbar ist; für den 1 mV-Bereich besteht noch ein besonderer Eingang mit veringerrter Eingangskapazität. In einer 3. Stellung des Eingangsschalters, der Eichstellung, liegt eine Wechselspannung von 1 mV am Eingang des Verstärkers. Diese Eichspannung erhält man dadurch, daß man den Verstärker zum Schwingen bringt. Zu diesem Zweck ist an den Ausgang ein Schwingungskreis angeschlossen, von

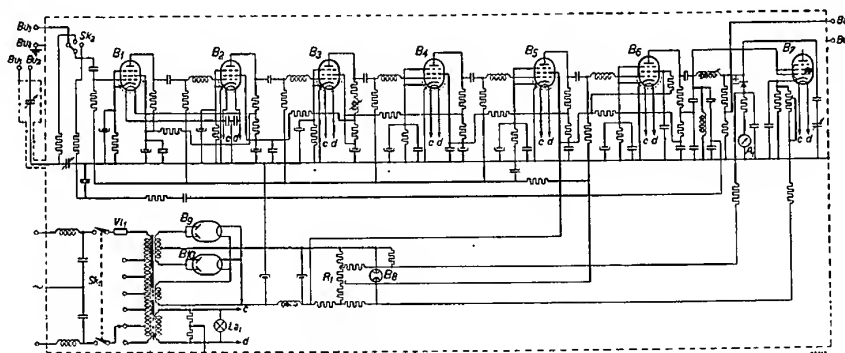


Bild 10 HF-Millivoltmeter GM 6005; Prinzipschaltbild

die verschiedenen Stufen richtig arbeiten. Eine sehr große Bedeutung hat der Elektronenstrahl-Oszillograph auch bei der sichtbaren Darstellung der Frequenzdurchlaßkurven der Bild-Zwischenfrequenzverstärker in Verbindung mit einem Hochfrequenz-Meßsender, dessen Frequenz entsprechend der hohen Bildfrequenz frequenzmoduliert ist; der Frequenzhub muß also etwa 8 bis 10 MHz betragen. Derartige gewobbelte Meßsender für Fernsehwecke sind bei verschiedenen deutschen Meßgeräteherstellern zur Zeit in Anlehnung an ihre amerikanischen Vorbilder in der Entwicklung und werden den

dessen Spannung ein genau festgelegter Bruchteil mit der richtigen Phase zum Eingang des Verstärkers zurückgeführt wird. Beim Einschalten entsteht eine Spannung von etwa 5000 Hz, deren Amplitude von der letzten als Diode geschalteten Röhre geregelt wird. Zeigt das Ables-Instrument dabei nicht Vollausschlag, so kann dieser durch Regelung der Gittervorspannung der Verstärkerröhren eingestellt werden. Um die von der ersten und zum kleinen Teil auch noch von der zweiten Verstärkerröhre EF 42 herrührende Rauschspannung zu kompensieren, wird durch das Anzeige-Instrument ein kleiner

entgegenwirkender Gleichstrom geschickt. In dem angegebenen Frequenzbereich ist das Gerät auch als Breitbandverstärker für Spannungen bis 1 mV bei 500facher Verstärkung verwendbar; ferner als NF-Generator mit einer konstanten Spannung von 0,5 Volt bei einer Frequenz von etwa 5000 Hz.

Für die Ermittlung der hohen Bildröhren-Gleichspannung von vielen tausend Volt sind Meßgeräte erforderlich, die praktisch leistungslose Messungen erlauben. Seitdem es elektronische Spannungsmesser gibt, die bei 1000 Volt-Meßbereich einen Eingangswiderstand von 3 Megohm haben, ist die Entwicklung eines Meßkopfes, der diesen Meßbereich auf 10, 20 oder 30 kV heraufsetzt, nur mehr ein konstruktives Problem hinsichtlich der Schaffung eines sehr hochohmigen Widerstandes mit ausreichender Spannungsbelastbarkeit. Bei einem Bildröhren-Gleichstrom von 100 µA sollte der Meßstrom 30 µA nicht überschreiten, um noch trotz der zusätzlichen Belastung des Gleichrichters durch das Meßgerät ein einwandfreies Ergebnis zu erhalten. Das bedeutet jedoch, daß für den 30 kV-Bereich ein Meßwiderstand von 1000 Megohm erforderlich ist. Wider-

stände derartiger Größenordnungen bieten, sofern von ihnen eine Genauigkeit von einigen Prozent verlangt wird, zur Zeit noch gewisse Fertigungsschwierigkeiten.

Es ergibt sich hieraus, daß für die Entwicklung und die Fertigung von Fernsehempfängern sowie für ihren späteren Service in Deutschland bereits heute eine ganze Reihe der erforderlichen Meß- und Prüfgeräte zur Verfügung stehen. Es wird noch mancher Anstrengungen der Meßgeräte-Industrie bedürfen, sie bis zum Herbst, wenn Fernsehempfänger in größerer Zahl auf dem deutschen Markt erscheinen, in ausreichender Menge zur Verfügung zu stellen und die derzeitige Entwicklung der darüber hinaus benötigten Meßgeräte bis dahin abzuschließen und ihre rasche Fertigung einzuleiten.

Besonders für einen Fernsehempfänger gilt es, daß er nur so gut sein wird, wie die bei seiner Entstehung eingesetzten Meßgeräte. Nicht zuletzt auch müssen die Reparaturstellen mit Meßgeräten ausgerüstet sein, die es ihnen ermöglichen, kleine Instandsetzungen schnell und zuverlässig möglichst im Haus des Kunden durchzuführen, um diesen dadurch die Freude am Fernsehen unverzüglich wiederzugeben.

Über das Verhalten von Detektoren im Dezimeterwellengebiet

Von K. Schmid

Bild 1 zeigt einen Detektor, wie er heutzutage in Dezimetergeräten verwendet wird. Die äußeren geometrischen Abmessungen entsprechen den in den USA standardisierten Maßen. Das Innere entspricht ungefähr der Ausführung, wie sie von der „Sylvania Electric Pro-

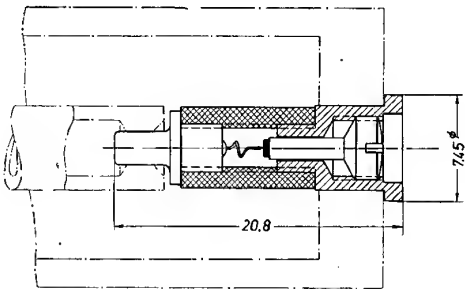


Bild 1 Dezimeterwellendetektor

ducts Inc." gefertigt wird. Die strichpunktierten Linien zeigen schematisch den Einbau des Detektors als Leitungsabschluß einer Koaxialleitung von 60 Ohm Wellenwiderstand, deren Außenleiter 16 mm lichte Weite hat. Der Halbleiter ist in Form einer kleinen Pille auf einen verschiebbaren Stempel aufgelötet und kann dadurch so gegen eine federnde Kontaktspitze gedrückt werden, daß nach erfolgter Fixierung der Schraube ein elektrisch einwandfreier und gegen mechanische Erschütterungen unempfindlicher „Richtleiter“ geschaffen ist.

Untersucht man diesen Detektor mit Gleichstrom, so findet man bei Spannungen, die kleiner als ±1 Volt sind, drei markante Gebiete (Bild 2):

1. Im Gebiet negativer Spannungen besteht ein sehr hoher Widerstand, der Sperrwiderstand.
2. Im Gebiet kleiner positiver Spannungen folgt der Strom einem Exponentialgesetz ähnlich einer Anlaufstromkennlinie.
3. Bei größer werdender positiver Spannung wächst der Strom wieder proportional der um einen Anfangsbetrag verminderten Spannung. Der entsprechende ohmsche Widerstand ist um Größenordnungen kleiner als der Sperrwiderstand und heißt Bahnwiderstand. Der Bahnwiderstand ist ungefähr zu vergleichen mit dem Übergangswiderstand eines Halbkugelerders, natürlich ins Mikroskopische übersetzt.

Von diesen drei Gebieten ist das der Exponentialkennlinie das interessanteste, da es gestattet, durch kleine Änderungen der Gleichspannung Änderungen des differentiellen Widerstands $\frac{dU}{dI}$ um Größenordnungen zu erzwingen. Die Messung dieser Widerstandsänderungen

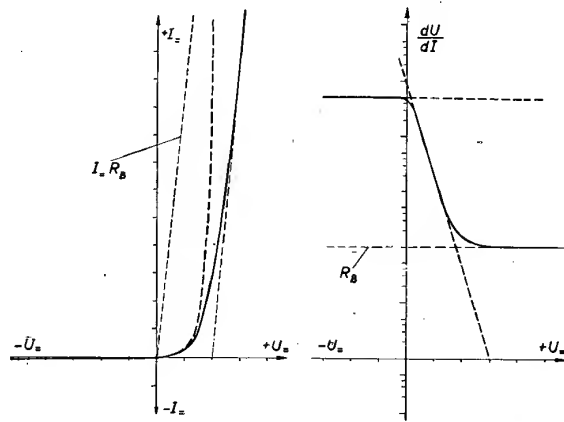


Bild 2 Detektorkennlinien

verlangt nur die Verwendung so kleiner Spannungen, daß die Aussteuerung der Kennlinie noch als linear betrachtet werden kann.

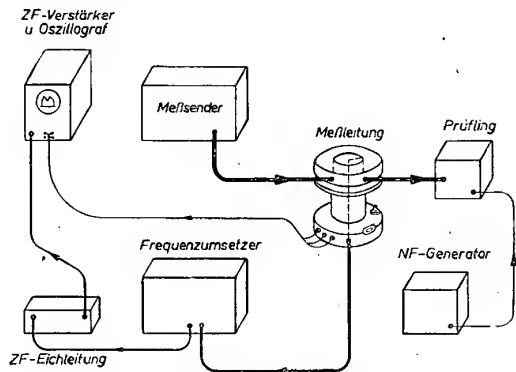


Bild 3 Meßaufbau für Widerstandsmessung

Hierzu kann man den in Bild 3 dargestellten Meßaufbau verwenden, der, obgleich bekannt, der Verständlichkeit wegen hier kurz beschrieben sei. Ein Meßsender, der bei einer Meßfrequenz von 2000 MHz, d. h. einer Wellenlänge von 15 cm, Meßleistungen zwischen 10^{-6} und 10^{-16} Watt abgeben kann, speist über eine Meßleitung den Detektor. Die Meßleitung ist zum Halbring gebogen und geschlitzt, so daß eine rotierende Sonde die auf der Meßleitung herrschende Spannungsverteilung periodisch abzutasten gestattet. Die Sondenspannung wird auf eine passende Zwischenfrequenz umgesetzt, über eine Eichleitung einem Verstärker zugeführt, verstärkt, gleichgerichtet und nochmals verstärkt auf die Vertikalplatten einer Braunschen Röhre gegeben. Die an den Horizontalplatten liegende Sägezahnspannung wird durch einen von der Meßleitung abgegebenen Impuls synchronisiert, so daß die Spannungsverteilung auf der Meßleitung als stehendes Bild auf dem Schirm der Braunschen Röhre abgebildet wird. Ein weiterer Impulsgeber, der am Umfang der Leitung verschiebbar angeordnet ist und dessen

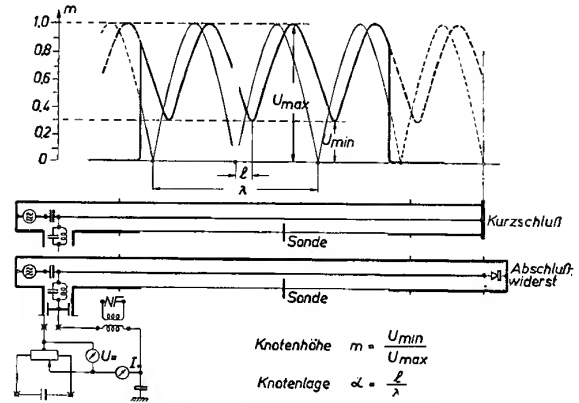


Bild 4 Widerstandsmessung (schematisch)

Lage an einer Skala im Fuße der Meßleitung ablesbar ist, tastet die Braunsche Röhre kurzzeitig dunkel. Mit dieser Dunkelmarke kann man markante Stellen der Spannungsverteilung festhalten und ihre Abstände gegen entsprechende Stellen anderer Spannungsverteilungen messen.

Der Niederfrequenzgenerator gibt eine mäanderförmige Spannung ab und gestattet so, den Arbeitspunkt des Detektors zwischen wählbaren Spannungswerten im niederfrequenten Takt hin und her zu schieben. Dabei ist es nicht notwendig, daß die Niederfrequenz ein ganzzahliges Vielfaches der Rotationsfrequenz der Sonde ist.

Bild 4 zeigt schematisch, worauf man bei der Widerstandsmessung zu achten hat. Am Ort des gesuchten Widerstandes wird ein Kurzschluß angebracht. Einer der nach jeweils einer halben Wellenlänge entstehenden Spannungsknoten wird durch die Dunkelmarke festgehalten; dabei wird die Skala im Meßleitungsfuß auf „Null“ gestellt. Dann wird der Abstand λ der beiden benachbarten Knoten in Einheiten der Skalenteilung (beispielsweise Winkelgrade) gemessen. Hebt man jetzt den Kurzschluß auf und bringt an seine Stelle den gesuchten Widerstand, so zeigt sich im allgemeinen Fall eine neue Spannungsverteilung mit etwas verschobenen und weniger scharf ausgeprägten Spannungsknoten. Man kann jetzt das Verhältnis $\alpha = l/\lambda$ bilden. Dabei ist l die notwendig gewordene Verschiebung der Dunkelmarke in das neue Spannungsminimum, in denselben Einheiten gemessen wie der Abstand λ beim Kurzschlußversuch. Setzt man die beim Anschalten des gesuchten Widerstands auftretende Maximalspannung $U_{\max} = 1$ (sie ist nicht identisch mit der beim Kurzschluß auftretenden Maximalspannung), dann kann man ein weiteres

Verhältnis bilden: Die Knotenhöhe $\frac{U_{\min}}{U_{\max}} = m$. m ist

eine positive Zahl, die zwischen null und eins liegt; sie ist null bei stehender Welle und eins bei fortschreitender Welle. Die Knotenhöhe m wird nicht durch Ausmessung des Schirmbildes gewonnen, sondern an der Eichleitung abgelesen als Dämpfungsänderung für gleiche Auslenkungen von U_{\min} und U_{\max} .

Geht man diesen zwei Zahlen (m, α) in das in Bild 5 gezeigte Diagramm nach der angegebenen Vorschrift ein, dann erhält man den gesuchten Widerstand in Bruchteilen des Wellenwiderstandes der verwendeten Meßleitung (im gezeichneten Beispiel $R/Z = 0,4 R/Z + 0,6 j X/Z$). Das Diagramm entsteht durch konforme Abbildung der komplexen Widerstandsebene in das Innere

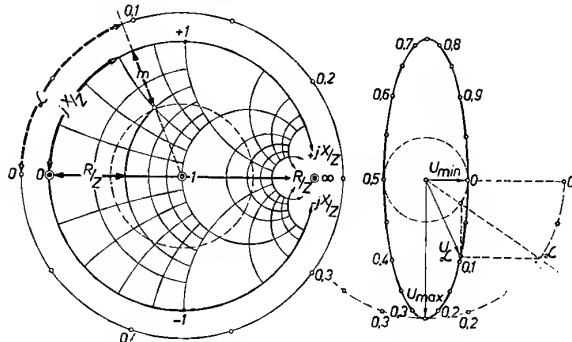


Bild 5 Widerstandsdiagramm und Spannungsverteilung

eines Kreises mit dem Radius eins. In ihm bilden sich alle Widerstände, die einer festen Knotenhöhe m zugeordnet sind, auf einem Kreis um den Mittelpunkt eins, einem m -Kreis ab. Alle Widerstände, die am Eingang einer verlustfreien Leitung fester Länge auftreten, bilden sich auf einem Durchmesser des Grenzkreises ab, wenn der Abschlußwiderstand dieser Leitung alle reellen Werte vom Kurzschluß über Anpassung zum Leerlauf annimmt. Bild 5 zeigt außerdem noch die Darstellung der Spannungsverteilung nach Betrag und Phase, die der eingezeichneten Knotenhöhe m entspricht. Die Endpunkte der Spannungsvektoren liegen auf einer Ellipse.

Bild 6 zeigt das aus der Literatur bekannte Ersatzschaltbild eines Detektors und ein Widerstands- bzw. Leitwertdiagramm mit acht Ortskurven, wovon die

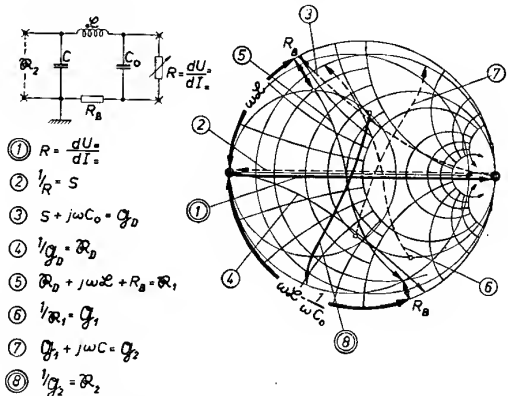


Bild 6 Detektor-Ersatzschaltbild und Ortskurven

Kurve 8 gemessen ist. Das Ersatzschaltbild zeigt den differentiellen Widerstand $R = \frac{dU}{dI}$ der Exponentialkennlinie im Nebenschluß zu der „Grenzschichtkapazität“ C_0 . Der Verzweigung ist der Bahnwiderstand R_B und die Nadelinduktivität L vorgeschaltet. Dem Ganzen ist die „Fassungskapazität“ C parallel geschaltet.

Um die Brauchbarkeit des Diagramms für quantitative Überlegungen zu zeigen, soll die Bedeutung der acht Ortskurven kurz beschrieben werden. Dabei wird die

Reihenfolge eins bis acht gewählt, obwohl der Gang der Auswertung der gemessenen Kurven die umgekehrte Richtung hat.

Kurve 1. Der Widerstand R durchlaufe durch Absenken der Gleichspannung $+U_-$ gegen null die Werte der Realachse von null über eins gegen unendlich, wobei eins der Wellenwiderstand der benutzten Leitung ist.

Kurve 2. Die Steilheit $S = \frac{1}{R}$ durchläuft dann dieselbe Strecke in umgekehrter Richtung.

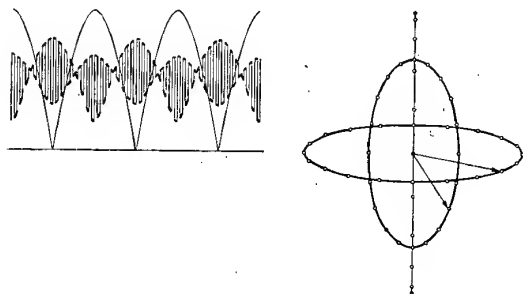


Bild 7 Vergleich von zwei ohmschen Widerständen

Kurve 3. Die Steilheit S und der Leitwert $j\omega C_0$ der Grenzsichtkapazität C_0 addieren sich zum Detektorleitwert \mathfrak{G}_D .

Kurve 4. Durch die Inversion $1/\mathfrak{G}_D = \mathfrak{R}_D$ erhält man den Widerstand der eigentlichen Entladungsstrecke.

Kurve 5. Durch Addition des Blindwiderstands der Nadelinduktivität $j\omega L$ und des Bahnwiderstands \mathfrak{R}_B zu \mathfrak{R}_D ergibt sich der Widerstand \mathfrak{R}_1 .

Kurve 6. Durch die Inversion $1/\mathfrak{R}_1 = \mathfrak{G}_1$ ergibt sich der Leitwert der Schaltung ohne Berücksichtigung der Fassungskapazität C .

Kurve 7. \mathfrak{G}_1 vermehrt um den Leitwert der Fassungskapazität $j\omega C$, ergibt \mathfrak{G}_2 .

Kurve 8. Die Inversion $1/\mathfrak{G}_2 = \mathfrak{R}_2$ ergibt die gemessene Ortskurve, die in der Pfeilrichtung durchlaufen wird, wenn die Gleichspannung $+U_-$ vom Wert $+1$ Volt gegen 0 Volt läuft.

Wie man sieht, hat die jeweils invertierte Ortskurve ihre Form erhalten; sie ist lediglich um 180° gedreht. Das Addieren und Subtrahieren von Widerständen und Leitwerten geschieht durch Verschieben des jeweiligen Ortskurvenpunkts auf Kreisen der orthogonalen Kreisscharen um Beträge, die den auf den Wellenwiderstand reduzierten Widerstands- bzw. Leitwertbeträgen entsprechen.

Man findet auf diese Weise folgende Werte:

Fassungskapazität $C = 1,2$ pF

Nadelinduktivität $L = 2,8$ nH

Bahnwiderstand $R_B = 12$ Ohm

Grenzsichtkapazität $0,8$ pF $\leq C_0 \leq 1,4$ pF. Dabei gehören die größeren Werte zum wachsenden Detektorstrom.

Interessiert man sich für zwei spezielle Arbeitspunkte des Detektors, und will man die ihnen entsprechenden Spannungsverteilungen gleichzeitig auf dem Schirmbild der Braunschen Röhre beobachten, so verschiebt man die Arbeitspunkte mit Hilfe der bereits erwähnten mäanderförmigen niederfrequenten Wechselspannung um einen Gleichstromwert und erhält dann Schirmbilder ähnlich Bild 7, die man nach Bild 4 auswertet. Insbesondere verschafft man sich auf diese Art sehr rasch einen Überblick über die gesamte Kennlinie des Detektors.

Die vorgetragenen Resultate bestätigen für das 2000-MHz-Gebiet Werte, die in tieferen Frequenzgebieten bereits bekannt waren, und gehen teilweise darüber hinaus, z.B. Angabe der Ortskurve. Die erste Drehmeßleitung baute der Verfasser mit seinen Mitarbeitern Köhler und Witting 1941/42 während seiner Zugehörigkeit zur Fa. Telefunken; den oben beschriebenen Ausbau dieses Verfahrens führte er im Standard Laboratorium, C. Lorenz AG, Werk Pforzheim, aus.

Schrifttum

K. Seiler, Detektoren, Fiat Review of German Science.
Henry C. Torrey and Charles A. Whitmer, Crystal Rectifiers.

Gruppe I III — Hochfrequenztechnik

Die Planung von Richtfunkverbindungen (Streckenplanung)

Von K. O. Schmidt

Die Planung von Richtfunkverbindungen wird durch technische, wirtschaftliche und betriebliche Gesichtspunkte bestimmt. Sie erstreckt sich dabei im wesentlichen auf zwei Gebiete, die Geräteplanung und die Streckenplanung.

Aufgabe der Geräteplanung ist es, bei den durch die Atlantic-City-Konferenz festgelegten Wellenlängen die Kanalzahlen und Reichweiten zu ermitteln, die mit den neu zu entwickelnden Geräten erzielt werden können. Dabei müssen die Empfehlungen des CCIF¹ besonders hinsichtlich des Geräuschabstandes eingehalten werden.

Die Streckenplanung soll den Bedarf an Nachrichtenwegen zwischen den einzelnen Verkehrszentren zugrunde legen und alle für eine Planung notwendigen Voraussetzungen und allgemeinen Gesichtspunkte, wie z. B. Streckenführung, Turmkonstruktion usw., berücksichtigen. In diesem Bericht soll lediglich die Streckenplanung bei Richtfunkverbindungen im Bereich von 20 cm bis 5 cm behandelt werden.

Die Planung von Richtfunkverbindungen lehnt sich naturgemäß an das schon vorhandene Nachrichtennetz an. Aus diesem Grunde wurde von Anfang an die Entwicklung der neuen Geräte so gesteuert, daß man leicht von der Kabelverbindung auf die Richtfunkverbindung und umgekehrt übergehen kann. Es ist auch möglich, die mit zahlreichen Gesprächsbündeln belasteten Kabelverbindungen mit Richtfunkverbindungen zur Erhöhung der Betriebssicherheit zu überlagern.

Der Bedarf an Nachrichtenwegen ist im Laufe der letzten Jahre sehr stark angestiegen. Die geplante Landesfernwahl wird eine weitere Vergrößerung des Nachrichten-, insbesondere des Fernspreerverkehrs nach sich ziehen.

Der auf der unteren und mittleren Netzebene auftretende Bedarf verlangt meist kleinere Bündel (≤ 100) mit geringer Reichweiten (40 ... 100 km). Er kann neben oder auch an Stelle von Kabelverbindungen bei günstiger Lage der Endpunkte (gute optische Sicht) auch durch Richtfunkgeräte, z. B. nach dem Impulssystem, befriedigt werden. Mit diesen Geräten, die mit Pulsphasenmodulation (PPM) arbeiten, ist es möglich, bis zu 24 Kanäle über einen Sender und ggf. bis zu 96 Kanäle mit vier Sendern über je eine Sende- und Empfangsantenne oder mit Weichen über nur eine Antenne zu betreiben. Geräte dieser Art sind heute bereits durchentwickelt.

Auf den höheren und höchsten Netzebenen werden meist hohe Kanalzahlen (mehrere hundert) und große Reichweiten verlangt. Diese Bedingungen werden sich voraussichtlich mit den in der Entwicklung befindlichen neuen Vielkanalgeräten erfüllen lassen, die mit Frequenzmodulation arbeiten. Sie sind in der Lage, breite Bänder der Trägerfrequenztechnik in unveränderter Form zu übernehmen und wieder abzugeben. Ihre Aufnahme-fähigkeit wird die der symmetrischen oder koaxialen Kabel erreichen und bei Ausnutzung des gesamten Frequenzbereiches zwischen 20 und 5 cm (1,5 ... 6 GHz) sogar noch übersteigen.

Eine Einfügung von Richtfunkverbindungen in das vorhandene und neugeplante Kabelnetz erfordert die Erfüllung der Empfehlungen des CCIF, insbesondere hinsichtlich des Rauschabstandes. Um die bekannte Bedingung von 5 mV Störspannung am Pegel 0 für die gesamte Verbindung einzuhalten, darf die Richtfunkstrecke mit Rücksicht auf die anderen im Zuge der Verbindung liegenden Übertragungssysteme (z. B. Fernkabel, Trägerfrequenzlinie, Anschlußkabel usw.) nur einen Teil zu dieser Störspannung beitragen. Man hat diesen Teil auf $\frac{1}{5}$ der Geräuschleistung, d. h. rd. $\frac{1}{2,5}$ der Geräuschspannung = 2 mV am Pegel 0 festgelegt. Nimmt man für das Störgeräusch weiterhin vier Ursachen an, und zwar Wärme- und Röhrenrauschen, Klirrgeräusche (nicht-lineares Nebensprechen), Nebensprechgeräusche sowie Fremdstörungen, so verbleibt für die Geräuschleistung (Röhrenrauschen) der Richtfunkverbindungen nur $\frac{1}{4}$, bzw. für die Geräuschspannung nur 1 mV am Pegel 0. Kann man drei dieser vier Ursachen vernachlässigbar klein machen, was in manchen Fällen möglich ist, so darf man für die Geräuschspannung der Richtfunkstrecke bis zu den oben angegebenen 2 mV am Pegel 0 gehen.

Die zu wahrende freie optische Sicht zwischen Sende- und Empfangsantenne ist dann gewährleistet, wenn keine Hindernisse in das Sichtrotationsellipsoid hineinragen. In der Zeichenebene ist die Hauptachse der Sichtellipse bestimmt durch die optische Sichtlinie zwischen den beiden Stationen in der Entfernung r . Die kleine Halbachse ergibt sich als Halbmesser des 1. Fresnelzonenkreises in der Streckenmitte nach der Formel:

$$b = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{r \cdot \lambda} \quad (\lambda = \text{Wellenlänge}).$$

So erhalten wir z. B. für $r = 50$ km und $\lambda = 15$ cm (10 cm)

$$b = \frac{1}{2} \sqrt{50 \cdot 000 \cdot 0,15} = 43,5 \text{ m (35,3 m)}.$$

Wird diese Bedingung nicht eingehalten, so ist bei ungünstigen troposphärischen Verhältnissen (Schichtbildung mit Temperaturinversion) mit starken Schwundenden Sicht. Dies gilt besonders für den Fall der streifenförmigen Sicht. Auch bei freier optischer Sicht besteht noch die Gefahr von Schwundseinbrüchen, wenn die Streckenlänge 50 km überschreitet und ungünstige Schichtbildungen in den unteren Luftschichten gelegentlich auftreten können. Die Länge eines Funkfeldes soll daher im allgemeinen 50 km nicht überschreiten und im Mittel etwa bei 40 km liegen. In Gegenden, die zu troposphärischen Schichtbildungen neigen (z. B. über dem Bodensee oder in der Rheinebene), wird man die Entfernungen noch kürzer wählen müssen.

Die Antennentürme müssen viele verschiedenartige Bedingungen erfüllen [1, 2, 3, 4]. Die wichtigsten sind:

- a) freie optische Sicht für die Antenne,
- b) kurze Energieleitungen von den Antennen zu den Geräten,
- c) Raum für Geräte und Bedienungspersonal,
- d) Unterbringung der Stromversorgung,

¹ CCIF = Comité Consultatif International Téléphonique.



braucht. Für Deutschland ist eine Einrichtung von Windkraftanlagen, vielleicht abgesehen von einer Versuchsanlage, im Zusammenhang mit den Richtfunkverbindungen nicht vorgesehen.

Mit Rücksicht auf die Rückkoppelungsgefahr zwischen Sende- und Empfangsantenne auf demselben Turm kann man bei dem heutigen Stand der Technik nicht die gesamte Richtfunkstrecke mit einer einzigen Welle betreiben. Man kommt allerdings mit 2 Wellen insgesamt für Sende- und Empfangsrichtung aus, wenn im Zuge der Verbindung an jeder Zwischenstation die Welle gewechselt wird. In diesem Falle besteht erst jeweils im Empfänger der Station 4 die Gefahr, durch dieselbe Welle des Senders der Station 1 gestört zu werden. Es ist deshalb erforderlich, die Strecke im Zickzack zu führen, wenn keine genügend hohen Berge zwischen den Stationen 1 und 4 liegen [4]. In dem Bild 3 sind die drei möglichen Grund-

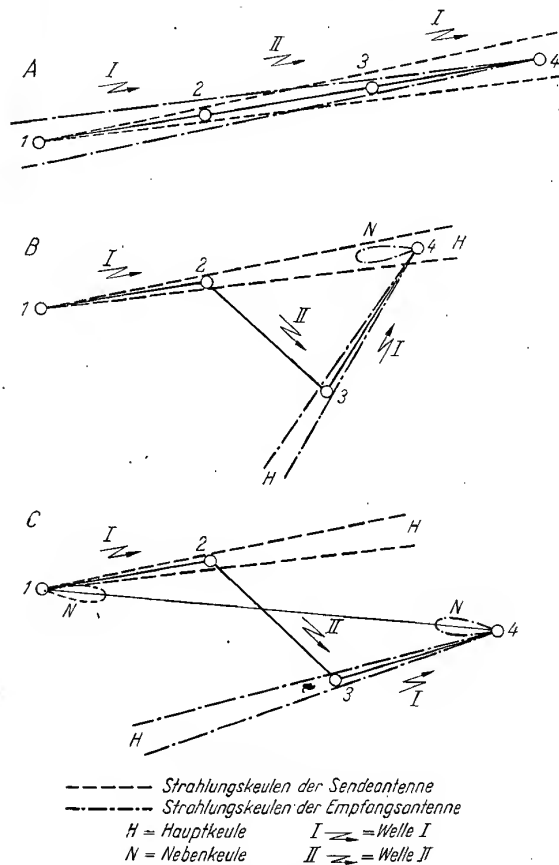


Bild 3 Grundfälle der Streckenführung beim Zweiwellenplan

fälle A, B und C der Streckenführung angegeben. Fall A ist zu vermeiden, falls, wie schon erwähnt, keine ausreichend großen Erhebungen das Sendefeld der Station 1 abschatten. Auch der Fall B erfordert noch eine ausreichende Dämpfung des Sendefeldes durch dazwischliegende Sichthindernisse, da die Nebenzipfeldämpfung der Empfangsantenne allein meist nicht ausreicht (≤ 30 db). Erst der Fall C gibt eine störungsfreie Verbindung. Bild 4 zeigt ein vereinfachtes und idealisiertes Strahlungsdiagramm, das diesen Betrachtungen zugrunde gelegt ist. Es wurde aus der Arbeit von W. E. Cock [5] über Hornstrahler mit Linsenantennen gewonnen und entspricht etwa auch den Antennendiagrammen der neuen Richtfunkstrecke New York—Chicago [4].

Zu diesen rein theoretischen Erwägungen treten bei der Auswahl der Antennenpunkte noch praktische Überlegungen. Zur Wahrung der freien optischen Sicht wird man natürliche Erhebungen kostspieligen Turmbauten

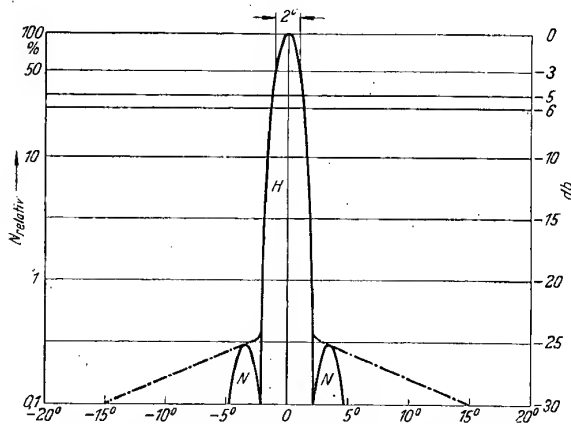


Bild 4 Vereinfachtes und idealisiertes Strahlungsdiagramm

vorziehen. Dabei baut man die Antennentürme möglichst dicht an eine Straße und nicht zu weit vom Starkstromnetz auf. Ferner ist die Nähe einer Ortschaft erwünscht, um bei bemannten Türmen die Unterbringung des Personals sicherzustellen. Ist die Herausführung eines Teiles der Gespräche notwendig, so soll der Turm in der Nähe eines Fernamtes oder auf dem Fernamtsgebäude selbst stehen. Wie man sieht, wird es nicht immer leicht oder möglich sein, alle diese Bedingungen zu erfüllen. Hier geben dann wirtschaftliche Überlegungen den Ausschlag.

Bild 5 zeigt das Pegeldiagramm eines Funkfeldes einer aus 20 Funkfeldern bestehenden Richtfunkstrecke mit

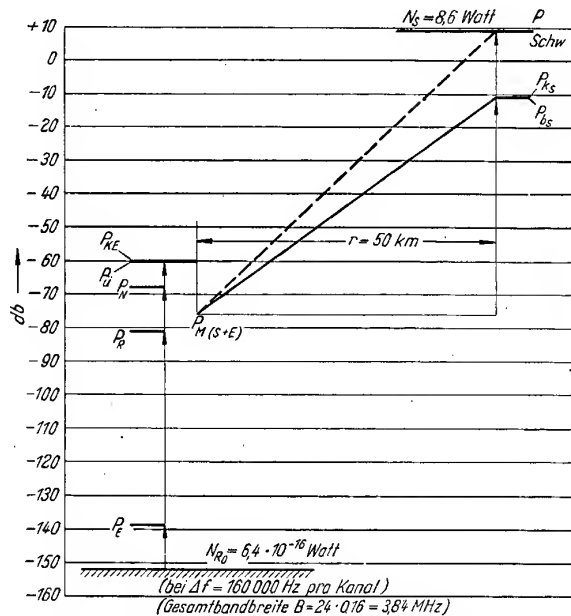


Bild 5 Pegeldiagramm eines Funkfeldes einer Dezimeterstrecke mit 20 Feldern (Funkfeldlänge = 50 km; IZM; $B \approx 4$ MHz; $\alpha \approx 15$ cm)

Es bedeuten:

NR_0 = Grundrauschwert eines Kanals = $6,4 \cdot 10^{-16}$ Watt	db
PE = Empfängerrauschwert ($n = 20$)	13,0
PR = Rauschabstand für den Grundrausch = 6,65 Neper	58,0
PN = Stationszahlfaktor ($N = 20$)	13,0
$Pü$ = Übersteuerungsfaktor (6 m W Spitzenleistung)	7,8
PKE = Verluste i. d. Energieleitung d. Empf. + Stoßstelle	0,15
$PM(S+E)$ = Verbesserungsfaktor durch Modulation (IZM)	-15,80
PBS = Streckendämpfung—Antennengewinn (50 km)	65,0
PKS = Verluste i. d. Energieleitg. d. Senders + Stoßstelle	0,15
$PSchw$ = Verluste durch Schwund (nur zeitweilig)	20,0
	161,30 db

Sendeleistung $NS = 6,4 \cdot 10^{-16} \cdot 10^{16,13} = 8,6$ Watt

Pulsphasenmodulation. Hiermit ist der Anschluß an die Kabel- und Verstärkertechnik gefunden, da alle Bestimmungsgrößen rechnerisch erfaßbar und auch meßbar sind. Dabei läßt das Diagramm ferner erkennen, an welchen Punkten noch Gewinne zu erzielen sind, die entweder zu einer Verminderung der Sendeleistung oder zur Erhöhung des Rauschabstandes dienen können. So würde z. B. die Verminderung des Empfängerrauschwertes von $n = 20$ auf $n = 10$ eine Verminderung der Sendeleistung auf die Hälfte ermöglichen. Eine Verkleinerung der Wellenlänge von 15 cm auf 7,5 cm würde bei gleichen Antennenabmessungen nach der Formel

$$b_s = \ln \frac{r \cdot \lambda}{F}$$

den Wert P_{bs} = Streckendämpfung—Antennengewinn von 65 auf 59 db erniedrigen. Beim Zusammenwirken beider Maßnahmen käme man dann mit einer Sendeleistung von rd. 1 Watt aus. Die Verminderung der Sendeleistung ist

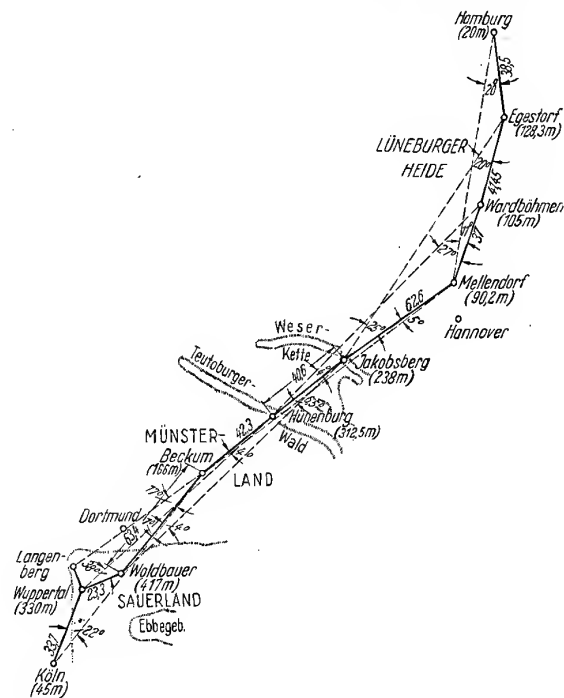


Bild 6 Nordwestdeutsches dm-Fernsprechnet
Kritische Überreichweiten-Winkel

ein sehr wichtiger Gesichtspunkt, da hiermit die Beanspruchung der Röhren niedriger gehalten und damit die Lebensdauer wesentlich gesteigert werden kann. Ferner sinken hierdurch auch die Anlage- und Betriebskosten der Stromversorgungsanlagen. Eine eingehende Erläuterung des Pegeldiagramms findet sich in der FTZ Heft 6, 1951.

Die Wirtschaftlichkeit der Richtfunkanlagen hängt im wesentlichen von dem Röhrenverbrauch und den Personalkosten ab. Eine Erhöhung der Lebensdauer (10 000 Std.) und Verminderung des Preises insbesondere bei den Senderöhren der Vielkanalanlagen ist eine in naher Zukunft erfüllbare Bedingung. Durch die geplante selbsttätige Ersatzschaltung der Geräte und Signalisierung von Störungen wird man die Personalkosten klein halten können. Diese Maßnahmen führen gleichzeitig zu einer Erhöhung der Betriebssicherheit. Diese kann durch einen gegenseitigen Ersatz von Funk- und Drahtweg noch weiter gesteigert werden, wie bereits erwähnt wurde. In ein bis zwei Jahren werden auch hier Ergebnisse vorliegen, die genauere Zahlenangaben ermöglichen.

Zur Übertragung von Fernsehprogrammen wurde die Planung von Richtfunkverbindungen zwischen Hamburg

und Köln sowie zwischen Köln und Frankfurt durchgeführt, die im Bild 6 dargestellt sind. Zwischen Hamburg und Köln sind 10 und zwischen Köln und Frankfurt 2 Antennentürme neu zu erstellen. Beeinträchtigungen durch Überreichweiten sind durch die vorerwähnte Zickzackführung vermieden, soweit nicht durch dazwischenliegende Erhebungen ein Schutz gegen den Einfall unerwünschter Sender gegeben ist. Die Geräte werden im Frequenzbereich zwischen 1700 und 2300 MHz (17,6 ... 13,1 cm) arbeiten. Es wird ein Bild mit 625 Zeilen übertragen werden. Dies erfordert eine Bandbreite der „Sehfrequenz“ von 6 MHz und eine Bandbreite von ± 15 MHz in der Zwischenfrequenz. Der Bandmittlenabstand wird 60 MHz betragen, so daß im gesamten Bereich von 1700 ... 2300 MHz 10 Bänder von je 30 MHz Nutzbandsbreite (+ je 30 MHz Sicherheitsabstand) untergebracht werden können. Zunächst ist nur die Belegung je eines Bandes mit einem Fernsehprogramm geplant, wobei jeweils nur in einer Richtung, entweder von Hamburg nach Köln bzw. Frankfurt oder umgekehrt, übertragen werden kann. In Zukunft wird man jedoch die noch freien Bänder ausnutzen, da dies wesentlich zur Wirtschaftlichkeit der gesamten Anlage beiträgt. So ist vor allem daran gedacht, Fernsprech-Vielkanalanlagen auf die freien Bänder zu geben, so daß dann zwischen Hamburg, Köln und Frankfurt im Laufe der nächsten Jahre mehrere hundert Sprechwege geschaffen werden können.

Um zu diesem Ziele zu gelangen, ist noch viel Entwicklungsarbeit zu leisten, besonders auf dem Gebiet der Frequenzmodulation breiter Bänder mit sehr hohen Anforderungen an die Linearität bei der Modulation und der Demodulation.

Die Übertragung von Fernsehprogrammen erfordert bei der neuen Norm von 625 Zeilen Übertragungswege mit sehr großer Bandbreite. Diese Aufgabe wird mit Hilfe der Richtfunkverbindungen im Laufe der nächsten Zeit gelöst werden. Zur besseren Ausnutzung des hierfür notwendigen Aufwandes an Türmen, Geräten und Bedienung werden die geschaffenen Anlagen auch zur Übertragung von Vielkanal-Fernsprechsystemen benutzt werden. Durch die kommende Landesfernwahl wird ein starker Bedarf an neuen Fernsprechwegen auftreten, der z. T. mit Hilfe dieser Richtfunkverbindungen befriedigt werden kann. Dabei wird auf den oberen Netzebenen die Trägerfrequenz-Vielkanaltechnik mit Frequenzmodulation auf dem Funkwege angewendet werden. Auf den unteren Netzebenen werden die Geräte mit Pulsphasenmodulation (24-Kanalgeräte) eine willkommene Ergänzung in der Kabelnetzplanung darstellen.

Bei der Planung der Strecken sind sehr mannigfaltige Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Dabei werden Störungen durch Überreichweiten mit Hilfe einer vorausgerechneten Streckenführung und Schwundseinbrüche durch nicht zu große Funkfeldlängen (~ 40 km) in den zulässigen Grenzen gehalten.

Durch die Steigerung der Wirtschaftlichkeit und der Betriebssicherheit wird die Richtfunktechnik im Laufe der nächsten Jahre eine wichtige Ergänzung im drahtgebundenen Fernmeldenetzen bilden.

Schrifttum

- [1] W. L. Tierney: Repeater buildings for the first radio relay system, Bell Laboratories Record Juli 1948, Heft 7, Seite 281...288 (Strecks New York—Boston).
- [2] Long Lines Magazine: 33 Stations Link New York—Chicago Microwave Relay System (TDX-System), Long Line Magazine 1950.
- [3] H. H. Buttner: Modern Research Facilities of Federal Telecommunication Laboratories, Electrical Communication Sept. 1948.
- [4] C. E. Clutts: The TD-2 Radio Relay System Bell Laboratories Record Oktober 1950, Seite 442...447.
- [5] Winston E. Kock: Metallic Delay Lenses Bell System Radio Record 1948, Seite 58...82.

Technisch-wirtschaftlicher Vergleich zwischen einem Breitbandrichtfunk- und einem Koaxialkabelsystem

Von H. Werrmann

Es soll im folgenden ein Vergleich zwischen dem jüngsten Zweig der Funktechnik, der Breitbandrichtfunktechnik und der Koaxialkabeltechnik durchgeführt werden. Die Leistungsfähigkeit der letzteren läßt sich schon recht gut übersehen. Die Eigenschaften, die hier heute erreicht werden, sind weitgehend in international vereinbarten Empfehlungen festgelegt. Nicht so bei der Breitbandrichtfunktechnik, deren Verbindungen man auch als Hertzsche Kabel bezeichnet. Hierfür wird zunächst empfohlen, die Eigenschaften der Koaxialkabel als Vorbild zu wählen. Welche Aussichten nun bestehen, dieses Ziel zu erreichen, soll im nachfolgenden Vergleich behandelt werden. Er wird sich sowohl auf die Technik wie auch auf die Wirtschaftlichkeit erstrecken.

Die Koaxialkabeltechnik ermöglicht es, mit sehr starken Bündeln von Sprechwegen große Entfernungen zu überbrücken. Das Frequenzband der koaxialen Leitungen ist theoretisch unbeschränkt. Man hat international vereinbart, ein Kabel von 9,4 mm Innendurchmesser des Außenleiters bei 2,6 mm Innenleiterdurchmesser zu empfehlen. Welche Eigenschaften hat nun dieses Kabel und welche Eigenschaften sollen die Sprechwege haben?

Da der Strom in einem Koaxialkabel bei der Übertragung einer Nachricht exponentiell abnimmt — unterschiedlich zum Hertzschen Kabel —, kann man die Dämpfung der Ströme durch einen kilometrischen Wert ausdrücken. Es soll für das erwähnte Kabel für 1 MHz ≤ 300 mN/km sein und nimmt mit der Wurzel aus der Frequenz zu. Eine Frequenzbeschränkung besteht, wie erwähnt, theoretisch nicht. Sie ergibt sich jedoch durch die erforderlichen Zwischenverstärker, die in bestimmten Abständen eingesetzt werden müssen, und deren Leistungsfähigkeit für die Qualität der Übertragung maßgebend ist. Welche Längen für diese Verstärkerfelder erreicht werden können, ist bei vorgegebenem Kabel eine Frage der Röhrentechnik. Mit den gegenwärtig verfügbaren Breitbandpentoden kann man einen Abstand der Verstärker von im Mittel 9 km wählen, wenn man in den Verstärkern gemeinsam rund 1000 Sprechwege verstärken will, wobei dann die internationalen Empfehlungen betr. Störungsfreiheit der Sprechwege eingehalten werden können. Diese Empfehlungen besagen nun, daß die gesamte zulässige Geräuschleistung für das sogenannte „Bezugssystem“ 10 nW am rel. Pegel Null betragen darf, entsprechend etwa 2,5 mV an 600 Ohm. Dieses Bezugssystem besteht aus einer Strecke von 2500 km Länge in 3 Abschnitten, nach denen jeweils vollständig bis zum Kanal demoduliert wird. Von der zulässigen Geräuschleistung soll $\frac{1}{4}$, also 2,5 nW, für die Demodulationseinrichtungen und $\frac{3}{4}$, also 7,5 nW, für die Streckeneinrichtungen vorgesehen werden. Die zulässige Gesamtgeräuschleistung für jeden der 3 Hauptabschnitte ohne Endgeräte beträgt also $\frac{1}{3}$ davon, d. h. 2,5 nW.

Von den möglichen Geräuscharten sind bei der Koaxialtechnik in erster Linie das Wärme- und Röhrenrauschen sowie die Klirrgeräusche zu berücksichtigen. Die Leistungen dieser beiden Geräuscharten zusammengekommen dürfen höchstens gleich diesem zulässigen Wert sein. Die Größen beider Einzelleistungen bedingen einander, und es gilt allgemein, daß eine Verringerung der Aussteuerung die Klirrleistung herabsetzt und den Geräuschabstand erhöht und umgekehrt. Dies gilt für konstant gehaltene Verstärkerfelddämpfung. Genauere Untersuchungen haben gezeigt, daß sich unter Berücksichtigung der besonderen Eigentümlichkeiten der Koaxialtechnik, wie z. B. der Kompensationsmöglichkeiten von Klirrprodukten, das Minimum an Aufwand sich bei einem Verhältnis von Rauschen und Klirren ergibt, das von 1 abweicht. Da das Minimum aber flach ist, nehmen wir für unsere überschlägigen Betrachtungen

beide Anteile als gleich an, und zwar zu je 1,25 nW, und erhalten somit am Ende eines Hauptabschnittes von $\frac{2500}{3}$ km, also von etwa 830 km Länge, einen zulässigen Geräusch- bzw. Klirrabstand von je

$$\frac{1}{2} \ln (10^{-3} / 1,25 \cdot 10^{-9}) = 6,8 \text{ N.}$$

Diese Bedingung gilt für jeden der Sprechkanäle des Bündels, wobei die größte Bündelstärke nach CCI-Empfehlung 960 Kanäle umfaßt. Die Nullfrequenzen der Sprechkanäle, die das Band von 0,3...3,4 kHz übertragen, liegen in 4 kHz Abstand, die tiefste übertragene Frequenz liegt bei 60 kHz entsprechend der vom CCIF empfohlenen Gruppierung. Damit ergibt sich eine Belegung der Leitungen im Bereiche von 60...4028 kHz.

Infolge seines großen Frequenzbandes ist das Koaxialkabel als einziger Fernleitungstyp auch für Fernsehübertragung geeignet. Es sei vorausgesetzt, daß man die gleichen Zwischenverstärkerstrecken wie für das Vielbandfernsehen benutzen will. Damit ergibt sich ein Übertragungsband mit einer oberen Frequenzgrenze von etwa 4 MHz. Da das Fernsehen nach Genfer Norm (625 Zeilen bei 50 Halbbildern/s), die außer in Deutschland voraussichtlich auch in vielen europäischen Staaten eingeführt werden wird, ein Video-Frequenzband von etwa 5...6 MHz Breite enthält, wird dieses Band bei der Kabelübertragung also oben geschnitten. Weiterhin wird man die untere Übertragungsgrenze nicht zu tief legen, um den beim Fernsehen wichtigen Phasenausgleich mit wirtschaftlich tragbarem Aufwand ausführen und die störenden Echoerscheinungen beherrschen zu können. Ein vernünftiger Wert für diese untere Grenze ist 0,5 MHz. In Einseitenbandtechnik, die man hier anwenden wird, da sie die beste Frequenzbandausnutzung ergibt, kann also ein videofrequentes Band von

$$(4-0,5) \text{ MHz} = 3,5 \text{ MHz}$$

übertragen werden, entsprechend einem Kellfaktor zwischen etwa 0,6...0,7. Es ist dies fraglos eine Einschränkung, die aber auf Grund von im Aus- und Inland gesammelter Erfahrung als tragbar angesehen werden kann. In USA überträgt man koaxial bei 525 Zeilen und 60 Halbbildern/s, also ähnlichen Bedingungen, erfolgreich das Fernsehen in einem Band von 2,8 MHz, allerdings vielleicht mit etwas geringeren Qualitätsansprüchen. In Deutschland hat sich bei den vor dem Kriege durchgeführten Kabelübertragungen herausgestellt, daß durch die sehr scharfe Frequenzbandbegrenzung, die auf dem Kabel durch die Verstärker und Entzerrer entsteht, das Fernsehbild kaum leidet. Die kleine Überhöhung durch Einschwingvorgänge, die durch die Begrenzung auftreten, macht sich sogar in einer geringfügigen Hervorhebung der Konturen bemerkbar.

Für die Bedingungen, denen eine Fernsehübertragung genügen sollte, um als praktisch einwandfrei zu gelten, liegen ebenfalls CCI-Empfehlungen vor, wenn auch nicht in gleich umfangreichem Maße wie für die ja ältere Fernsprechtechnik. Es sind hier noch manche Fragen zu klären. Für Rauschstörungen soll der Abstand zwischen dem reinen Bildsignal, höchster Weißwert gegen höchsten Schwarzwert (ohne Synchronisierimpulse) zur Rauschspannung, Spitze gegen Spitze mindestens 35 db = 4 N betragen. Setzt man angenähert den Geräusch-effektivwert = Spitzenwert: $\sqrt{2}$, dann wird der gewünschte Abstand zwischen Bildsignal, Spitze gegen Spitze, zum Effektivwert des Rauschens

$$4 + \ln 2 + \ln \sqrt{2} = 5 \text{ N.}$$

Wenn wir annehmen, daß dieser Abstand erwünscht ist am Ende einer Übertragungsstrecke von der Länge des Bezugssystems, dann erhält man für einen Hauptabschnitt von 830 km Länge einen Abstand von

$$5 + \frac{1}{2} \ln 3 = 5,6 \text{ N.}$$

Die nichtlinearen Verzerrungen spielen eine geringere Rolle als beim Fernsprechen und können durch Angabe eines Klirrfaktors nur unvollkommen erfaßt werden. Immerhin soll angestrebt werden, daß die Linearität der Aussteuerung bei einer Amplitudenvariation des Signals von $5,2N$ genügend gewahrt bleibt. Im Gegensatz zum Fernsprechen ist aber beim Fernsehen eine weitere Forderung von sehr großer Bedeutung, nämlich die Konstanz der Laufzeit. Sie muß in hohem Grade gewahrt bleiben, um unzulässige Verzerrungen im Bildinhalt zu vermeiden. Hierfür werden also besondere Empfehlungen betr. Linearität des Phasenganges gegeben. Sie lauten, daß zwischen 30 Hz und 200 kHz die Phasenabweichung von der Geraden $\leq \pm 6^\circ$ und die Laufzeitverzerrung oberhalb 200 kHz $\leq \pm 100$ ns sein sollen. Wenn man statt 3 MHz 5...6 MHz übertragen kann, wird man diesen Wert wohl zweckmäßig auf ± 50 ns verringern.

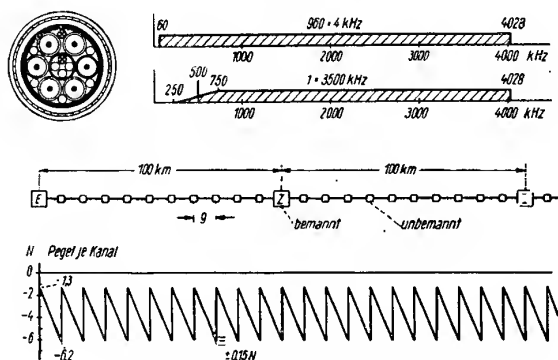


Bild 1 Koaxialkabelsystem — Frequenzbelegung, Streckenaufbau und Pegeldiagramm

Da das Nebensprechen zwischen verschiedenen Leitungen bei der Koaxialtechnik praktisch bis zu 8 MHz vernachlässigbar ist (die koaxialen Leitungen haben praktisch kein elektrisches und magnetisches Außenfeld), können mehrere Leitungen für Hin- und Rückrichtung in einem einzigen Kabel untergebracht werden. Als Vergleichssystem mit der Richtfunktechnik wollen wir nun ein Koaxialsystem mit 3 Leitungspaaren annehmen, und zwar je 1 Paar für Vielbandfernsprechen, für Fernsehen und als Reserveleitung, auf die im Störfall umgeschaltet werden kann. Der Querschnitt eines solchen mehrpaarigen Kabels, seine Frequenzbelegung, der Streckenaufbau sowie das dazugehörige Pegeldiagramm sind in Bild 1 zusammengestellt. Der Abstand zweier bemannter Ämter beträgt rund 100 km, auf die in gleichmäßigen Abständen etwa 10 unbemannte und fernstromversorgte Zwischenämter in Entfernungen von etwa 9 km verteilt sind. Das Pegeldiagramm ist für die höchste Übertragungsfrequenz gezeichnet. Der Sendepiegel beträgt $-1,3$ N, der Empfangspegel für das CCI-Kabel also

$$-1,3 - 9 \text{ km} \cdot 0,3 \text{ N/km} = -6,7 \text{ N.}$$

Dieser Empfangspegel schwankt im CCI-Kabel mit der Temperatur im Laufe des Jahres um etwa $\pm 0,15$ N. Es werden Mittel vorgesehen, diese Schwankungen automatisch auszuregulieren.

Wie ist nun eine Richtfunkverbindung aufzubauen, die in der Qualität der Übertragung möglichst den gleichen Bedingungen genügt?

Da bei der Richtfunktechnik im Gegensatz zum Koaxialkabel für Fernsprechen und Fernsehen das gleiche Medium zur Ausbreitung herangezogen wird, müssen die einzelnen Gesprächsbündel und die Fernsehkanäle in verschiedenen Frequenzlagen übertragen werden. Den Betriebseigenschaften des Koaxialsystems entsprechend, mit dem ja das Richtfunksystem verglichen werden soll, wollen wir 6 hochfrequente Kanäle vorsehen, und zwar 3 für den Hinweg und 3 für den Rück-

weg. In jedem dieser Kanäle wird die Nachricht durch einen besonderen Träger geführt. Ähnlich wie beim Koaxialkabel wollen wir auch hier unser Augenmerk zunächst den Rausch- und Klirrstörungen zuwenden. Auch beim Hertzischen Kabel sind sie wie bei der Koaxialtechnik vorzugsweise innere Störungen, also durch die verwendeten Schaltelemente gegeben. Während aber beim Koaxialkabel das Rauschen sich aus etwa gleichen Anteilen aus Widerstands- und Röhrenrauschen zusammensetzt, von denen also jeder Anteil $= 1 \text{ kTo} = 4 \cdot 10^{-21} \text{ W/Hz}$ ist, ist beim Hertzischen Kabel allein das Röhrenrauschen maßgebend, wobei mit Rauschzahlen von maximal 20 kTo gerechnet werden muß. Die breiten im Mikrowellenbereich zur Verfügung stehenden Bänder erlauben es, ein störungsminderndes Modulationsverfahren anzuwenden. Von den verschiedenen z. Z. bekannten Modulationsverfahren scheint nach dem gegenwärtigen Stand der Technik für die Breitbandrichtfunktechnik die Frequenzmodulation besonders gut geeignet zu sein. Sie erlaubt eine solche Verbesserung des Rauschabstandes, die mit Mehraufwand an Frequenzband bezahlt werden kann. Auch der Klirrabstand erfordert einen Mindestaufwand an Frequenzband, und zwar muß bei den hohen Anforderungen der Vielkanalübertragung an Linearität außer dem Hub F noch mindestens zweimal das Modulationsband B_0 übertragen werden. In diesem so errechneten Band muß die Phase über der Frequenz genügend linear verlaufen. Um nun diesen linearen Phasenverlauf innerhalb der so errechneten Grenzen verwirklichen zu können, muß der Übertragungsbereich etwas größer sein, z. B. um den Faktor 1,25. Damit ergibt sich für eine höchste Modulationsfrequenz $B_0 = 4 \text{ MHz}$ und einen Hub $F = 4 \text{ MHz}$, also einem Index von $\eta = 1$ eine hochfrequente Bandbreite

$$B = 1,25 \cdot 2 (F + 2 B_0) = 2,5 (4 + 2 \cdot 4) \text{ MHz} = 30 \text{ MHz.}$$

Für das Fernsehen genügt es, bei den geringeren Anforderungen an die Linearität voraussichtlich zu beiden Seiten des Hubes nur noch 1 Modulationsband zu übertragen. Damit kann man eine Fernsehnachricht mit Frequenzen bis 6 MHz wieder im gleichen hochfrequenten Band

$$B = 2,5 \cdot (6 + 6) = 30 \text{ MHz}$$

unterbringen.

Wie bereits erwähnt, müssen die einzelnen hochfrequenten Kanäle in der Frequenz gestaffelt nebeneinander übertragen werden. Die Lücke muß mindestens gleich der hochfrequenten Kanalbreite sein, um die Bereiche der Spiegelfrequenzen freizulassen. Bei dieser dichtesten Aneinanderreihung wird von 6 hochfrequenten Kanälen also insgesamt ein Band von

$$(6 + 5) \cdot 30 \text{ MHz} = 330 \text{ MHz}$$

belegt. Bänder dieser Breite stehen in den Atlantic-City-Bereichen um 2, 4, 5 und 7 GHz ausreichend zur Verfügung. Betrachten wollen wir nur die beiden ersteren, da hier geeignete Höchstfrequenzröhren am ehesten verfügbar sind. Wesentliche Unterschiede bestehen im Aufwand zwischen den beiden Bereichen nicht. Zwar ist bei gleicher Antennengröße und Funkfeldlänge die Funkfelddämpfung bei freier Sicht im Bereiche von 2 GHz um 0,7 N größer als bei 4 GHz. Der verfügbare Sendepiegel ist aber bei der niedrigeren Frequenz bei gleicher Röhrengöße auch um mindestens 0,7 N größer, so daß sich gleiche Rauschabstände erzielen lassen. Für die höhere Frequenzlage spricht, daß dort die relative Bandbreite bei gleicher absoluter Breite nur halb so groß zu sein braucht und damit auch der relative Bereich, in dem die aus Linearitätsgründen hohen Anforderungen an die Antennenanpassung erfüllt werden müssen. Dieses ist für die Bemessung der Antennen als ein Vorteil anzusehen. Für die niedrigere Frequenzlage spricht andererseits die einfachere Röhrentechnik. Weiterhin sei auf einen Simultanbetrieb verzichtet, um den Aufwand der Weichen zur Trennung der Hochfrequenzkanäle in vernünftigen Grenzen zu halten. Die verschiedenen Richtungen sollen also verschiedenen Antennen zuge-

ordnet werden, so daß zu jeder Relaisstelle 4 Antennen gehören. Die Frage, ob man die hochfrequenten Kanäle verschiedener Richtung frequenzmäßig verzahnt oder zweckmäßiger in Richtungsgruppen frequenzmäßig zusammenfaßt, mag offen bleiben. Sie beeinflusst Aufwand und Qualität nicht wesentlich und ist in erster Linie eine Angelegenheit des Verbrauches an Frequenzband. Den weiteren Betrachtungen sei der 4 GHz-Bereich zugrunde gelegt, der wie erwähnt mit Antennen von relativ geringer Bandbreite auskommt.

Welche Eigenschaften hat nun ein Hertzsches Kabel in dieser Frequenzlage? Zunächst sei seine Dämpfung betrachtet. Im Gegensatz zum Koaxialkabel nimmt die Feldstärke linear mit der Entfernung ab, die Dämpfung also bei Verdoppelung des Abstandes nur um 0,7 N zu. Bei einer Antennengröße mit einer wirksamen Fläche von z. B. 4,5 m², einer Entfernung von 40 km und einer Übertragungsfrequenz von 3,5 GHz beträgt die Funkfeld-dämpfung $b = \ln \frac{\lambda \cdot d}{F} = \ln \frac{0,086 \cdot 40\,000}{4,5} = 6,6 \text{ N}$. Bei einer Sendeleistung von etwa 1 W (+ 3,5 N), die man in dieser Frequenzlage noch mit vernünftigem Aufwand erzeugen kann, beträgt die Empfangsleistung etwa 1,8 µW (— 3,1 N). In Bild 2 ist dieses System mit Frequenzbelegung, Streckenaufbau und Pegeldiagramm gezeigt. Auch hier schwankt der Empfangspegel, und zwar durch atmosphärische Einflüsse, in einem Bereich von etwa +1 bis —2 N. Diese Schwankungen treten natürlich nicht gleichzeitig in allen Funkfeldern einer Relaisstrecke auf. Sie lassen sich wie beim Koaxialkabel automatisch ausregeln.

Wir wollen nun die Frage zu beantworten versuchen, wie weit eine so bemessene Richtfunkverbindung in ihren Übertragungseigenschaften denen eines Koaxialsystems entsprechen kann.

Von dem verfügbaren Hub von 4 MHz steht bei einer Belegung mit 960 Kanälen jedem Kanal nach den Bemessungsunterlagen von Holbrook-Dixon [1], wobei wir die von Brockbank-Wass [2] veröffentlichte britische Kurve zugrunde legen wollen, etwa 1/10 zur Verfügung. Mit diesem Wert und den obigen Daten des Richtfunksystems ergibt sich ohne Berücksichtigung der Geräuschverbesserung durch das Modulationsverfahren je Funkfeld ein Geräuschabstand von 9,0 N, dem je Funkfeld bei 21 Feldern je Abschnitt von 830 km eine Forderung von 8,3 N gegenübersteht. Bei normalen Übertragungsbedingungen der Richtfunktechnik hat man also gegenüber dem zugelassenen Wert eine Reserve von 0,7 N. Dies gilt für den höchsten Fernsprechkanal. Berücksichtigt man die Geräuschverbesserung durch das Modulationsverfahren, so erhält man für die tieferliegenden Kanäle einen linear mit abnehmender Frequenz zunehmenden Geräuschabstand. Für den tiefsten Kanal, ab 60 MHz, beträgt die Geräuschverbesserung etwa 4 N. Auch bei der Koaxialtechnik ist, wenn auch aus anderen Gründen, der Geräuschabstand von der Lage des Fernsprechkanales im Gesamtband abhängig, und das Verfahren der Gruppenvertauschung zur Ausgleichung des Rauschens in den einzelnen Kanälen kann auch bei der Richtfunktechnik angewandt werden. Hierzu muß teilweise demoduliert werden, um die Kanalgruppen erfassen zu können. Entsprechend dem Gang des Rauschens kann man weiterhin in Form einer Vorbetonung die höheren Kanalgruppen gegenüber den tieferen mit größerem Frequenzhub übertragen (Phasenmodulation). Dies ist jedoch nur sehr beschränkt möglich, da sonst die Klirrprodukte in den tieferen Kanälen zu groß werden. Beide Verfahren können zusätzlich die obere Reserve von 0,7 N im Geräuschabstand erhöhen, was für ungünstige Übertragungsbedingungen erwünscht ist.

Für jeden der 3 Teilabschnitte der Bezugsstrecke wurde für Fernschetrieb ein erforderlicher Rauschabstand von 5,6 N errechnet. Von dem verfügbaren Hub von 6 MHz werden vom reinen Bildsignal ohne Syndronisierspitzen nur etwa 75 % ausgenutzt. Hiermit ergibt

sich mit den Daten des Richtfunksystems ohne die Geräuschverbesserung je Funkfeld ein Rauschabstand von 7,0 N, dem eine Forderung von 7,1 N gegenübersteht. Wir sehen also, daß für normale Übertragungsbedingungen die Richtfunktechnik für das Fernsehen die CCI-Empfehlungen betreffend Rauschabstand fast einhält. Darüber hinaus gibt auch hier die Geräuschverbesserung durch das Modulationsverfahren und die Einführung einer Präemphasis die notwendige Reserve für Schwunderscheinungen. Im Vergleich zum Vielbandfernsehen können beim Fernsehen die hohen Frequenzen mehr vorbetont werden, da die Hauptenergie bei tiefen Frequenzen liegt.

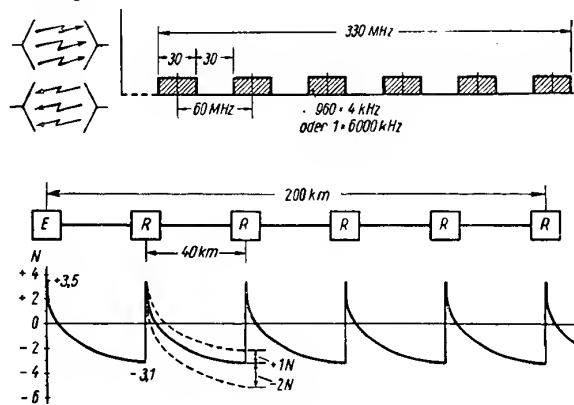


Bild 2 Richtfunksystem — Frequenzbelegung, Streckenaufbau und Pegeldiagramm

Die Klirrgeräusche setzen sich bei Frequenzmodulation aus frequenzunabhängigen und frequenzabhängigen Anteilen zusammen. Die frequenzunabhängigen Anteile entstehen durch einen nichtlinearen Verlauf der statischen Amplituden-Frequenz-Kennlinien der Modulatoren und Demodulatoren. Die frequenzabhängigen Anteile entstehen einerseits durch Laufzeitverzerrungen in den Übertragungsgeräten, da die Selektionsmittel bei der relativ scharfen Bandbegrenzung eine merkliche Abweichung der Phasenkurve vom linearen Verlauf mit sich bringen. Andererseits entstehen Laufzeitverzerrungen durch die Fehlanpassungen am Anfang und Ende der Antennenleitungen, wobei hier schon sehr kleine Anpassungsfehler stören können. Die Wirkung solcher Anpassungsfehler läßt sich klein genug halten, wenn man die Leitungen sehr kurz wählt, also die Übertragungsgeräte in unmittelbarer Nachbarschaft der Antennen aufstellt, was bei der geplanten Turmkonstruktion sehr gut erreicht wird. Ferner ist eine gute Anpassung leichter in einem relativ schmalen Frequenzband als in einem relativ breiten zu verwirklichen. Dies spricht für eine Wahl der höheren Frequenzbereiche.

Die statischen Kennlinien von Modulator und Demodulator in einem breiten Band linear zu gestalten, ist recht schwierig. Doch ist hier ein größerer Aufwand vertretbar, da solche Geräte nur in den Endstellen vorkommen. Die Laufzeitverzerrungen der Selektionsmittel dagegen wiederholen sich in sämtlichen End- und Relaisstellen. Sie dürften einen entscheidenden Einfluß auf den Grad der erreichbaren Störungsfreiheit der drahtlos übertragenen Vielkanalbündel haben.

Die Laufzeitverzerrungen sind die Ursache für das Entstehen von Oberwellen und Kombinationsfrequenzen der in den Sprechkanälen übertragenen Ströme. Nach den Untersuchungen von Brockbank-Wass für amplitudenmodulierte Mehrkanalsysteme ist praktisch die gesamte Klirrleistung in den Kombinationsfrequenzen enthalten. Sie verteilt sich über das gesamte Spektrum der Sprechkanäle, wobei die geradzahlgigen Verzerrungsprodukte sich in den tiefen Kanälen, die ungeradzahlgigen in den mittleren Kanälen häufen. Diese Untersuchungen beziehen sich auf amplitudenmodulierte

Systeme mit krummer Amplitudenkennlinie. Überträgt man den gleichen Zeitvorgang frequenzmoduliert über ein System mit gleichgekrümmter Phasenkennlinie, so erhält man, wie E. Hölzler [3] gezeigt hat, ein gegen das erstere verzerrtes Klirrspektrum. Es tritt eine Verschiebung des Schwerpunktes der Klirrleistung nach höheren Frequenzen auf. Unter Berücksichtigung dieser Zusammenhänge können uns die Untersuchungen von Brockbank-Wass einen Anhalt für die je Relaisstelle zulässige Klirrdämpfung und damit Laufzeitverzerrung geben. Es mag hier eine Abschätzung der Größenordnung genügen, eine genaue quantitativ auswertbare Theorie harret noch der Ausarbeitung.

Unter der Voraussetzung, daß nach Holbrook-Dixon der Leistungsmittelwert eines Gespräches in einem Kanal am relativen Pegel Null ungünstigenfalls bei etwa $-1,2N$ liegt, und daß weiterhin der Sicherheitsabstand von der Übersteuerungsgrenze bei 960 Kanälen nur $2,3N$ zu betragen braucht, wird die Klirrdämpfung für die zweite Harmonische bei Vollaussteuerung etwa $7,5N$. Dies entspricht einer Laufzeitverzerrung von 10^{-10} s in größenordnungsmäßiger Übereinstimmung mit bisher unveröffentlichten Rechnungen von Heilmann [4]. Ähnliche Forderungen ergeben auch die kubischen Verzerrungen.

Bei sorgfältiger Dimensionierung betreffs Phasenlinearität erscheint nun nach vorliegenden Erfahrungen für eine Relaisstelle ein Wert von 10^{-8} s erreichbar, mit Entzerrungsmitteln von etwa 10^{-9} s. Es fehlt also an der Erfüllung der scharfen Forderung von 10^{-10} s noch eine Größenordnung. Verringert man die Kanalzahl auf $1/4$, also auf 240, so ermäßigt sich die Forderung etwa auf den voraussichtlich erreichbaren Wert von 10^{-9} s. Es ist möglich, daß ein Einbau von Laufzeitsystementzerrern eine höhere Kanalzahl erreichen läßt. Ob aber mit 960 Kanälen unter den gegebenen Voraussetzungen die Klirrfreiheit der Koaxialtechnik erzielt werden kann, erscheint nach dem gegenwärtigen Stand der Technik noch nicht sicher. Als Nahziel wird man vielleicht 480 Kanäle erreichen.

Ein nach den scharfen Forderungen der Vielbandtechnik auf Phasenlinearität bemessener Kanal ist für eine störungsfreie Fernsehübertragung voraussichtlich gut ausreichend.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß mit der gewählten Bemessung eine Breitbandrichtfunkstrecke in einem 30 MHz breiten Kanal voraussichtlich 480 Sprechwege bei gleichem Geräuschabstand übertragen kann, wie ein Koaxialkabel 960 Sprechwege mit einer höchsten Übertragungsfrequenz von etwa 4 MHz. Statt der Sprechwege kann ein Fernsehband von 6 MHz bei der Funkstrecke und etwas mehr als 3,5 MHz beim Kabelsystem übertragen werden. Bei den heutigen Verhältnissen sind zwar die Anschaffungskosten der Richtfunkstrecke wesentlich geringer als die der Kabelanlage, dagegen sind die jährlichen Kosten mit den augenblicklichen Preisen und Lebensdauern der Röhren bei der Richtfunkstrecke bedeutend höher als bei der Kabelanlage. Es ist jedoch zu hoffen, daß bei einer weiteren Entwicklung und einer ausgereiften Fertigungstechnik der Röhren die jährlichen Kosten so herabgesetzt werden können, daß sie bei der Richtfunkstrecke etwa in der gleichen Größenordnung wie bei der Kabelanlage liegen werden.

Wenn man einen Versuch macht, die Wirtschaftlichkeit von Kabel- und Funktechnik zu vergleichen, so ist die erste Bedingung, daß man die gleiche Anzahl vom Sprech- und Fernsehwegen auf Kabel- und Funkstrecken voraussetzt. Wir nehmen an, daß man auf dem Koaxialkabel in Zukunft ein Band von 6 MHz Breite wird übertragen können. Das ergibt für ein 6-Tubenkabel 1440 Sprechkreise, einen Fernsehweg und eine Reserveleitung in jeder Richtung. Der Verstärkerabstand würde hierfür

etwa 5 km betragen. Auf der Funkstrecke kann man in einem 30 MHz breiten Kanal voraussichtlich 480 Sprechkreise bilden. Für dieselbe Anzahl von Sprechwegen braucht man also 3 Breitbandkanäle für das Fernsprechen, für das Fernsehen und einen als Reserve, also insgesamt 5 Breitbandkanäle je Richtung. Vergleicht man die Anschaffungskosten für die beiden Systeme, so zeigt es sich, daß die Funktechnik bei Preisen nach dem Stand von 1950 etwa 40% billiger ist als die Kabeltechnik.

Anders liegen die Verhältnisse, wenn man die jährlichen Kosten, gebildet aus Verzinsung und Amortisation der Anlage sowie den laufenden Betriebskosten, einander gegenüberstellt. Heute sind die Preise für die Höchstfrequenzverstärkerröhren noch sehr hoch und die Lebensdauer der Röhren noch nicht so groß wie die der Kabelverstärkerröhren. Das bringt es mit sich, daß die jährlichen Kosten der Funkstrecke noch wesentlich höher sind als die der Kabelstrecke.

Man kann aber von der Entwicklung in einigen Jahren erwarten, daß die Preise der teureren Höchstfrequenzröhren schätzungsweise auf den fünften Teil gesenkt und die Lebensdauer der Röhren auf die gleiche Zeit gebracht werden kann wie die der heute üblichen Weitverkehrsröhren für die Zwischenverstärker der Koaxialkabel. Die Aussicht auf einen solchen Weg wird sich eröffnen, wenn die Herstellung dieser Röhren in Deutschland aufgenommen werden darf. Auf der anderen Seite muß man der Kabeltechnik zugute halten, daß schon die Metallpreise von 1950 stark überhöht sind.

Versucht man unter der Voraussetzung einer normalen, ausgeglichenen Wirtschaftslage einen Vergleich für die Zukunft, so werden die jährlichen Kosten für Funk- und Kabellinien etwa in der gleichen Größenordnung liegen.

Schrifttum

- [1] B. D. Holbrook u. J. T. Dixon: Load Rating Theorie for Multi-Channel Amplifiers. Bell Syst. T. J. (1939) S. 624.
- [2] R. A. Brockbank u. C. A. A. Wass: Non-Linear Distortion in Transmission Systems. Proc. J. E. E. 92 (1945) S. 45.
- [3] E. Hölzler: Über die Wirkung von Verzerrungen bei der Übertragung frequenzmodulierter Schwingungen. ENT 18 (1941) S. 91.
- [4] A. Heilmann: Über Laufzeitverzerrungen und nichtlineares Übersprechen durch lange HF-Leitungen bei der Übertragung von frequenzmodulierten Signalen. Unveröffentlicht (1951).

Aussprache

Herr Häbeler, Stuttgart: Bei der Ermittlung des Geräuschabstandes für einen Kanal wurde eine Aussteuerung von $1/10$ des Maximalhubs angegeben. Dieser Aussteuerungsgrad erscheint recht hoch.

Vortragender: Der Leistungsmittelwert eines Dauergespräches in einem Kanal am relativen Pegel 0 liegt nicht etwa beim Pegel 0, sondern erheblich darunter, und zwar bei etwa $-1,2N$. Dazu kommt eine mittlere Teilnehmerleitungsämpfung von $-0,4N$. Weiterhin bestehen die Gespräche immer aus Rede und Antwort, was einem weiteren Zuschlag von $-0,35N$ entspricht. Daraus erklärt sich die Zulässigkeit dieses Wertes.

Herr Häbeler, Stuttgart: Für welche Modulationsfrequenz gilt die Angabe $b_{k_2} > 7,5N$ bei Maximalhub?

Vortragender: Diese Angabe gilt für die höchste Modulationsfrequenz.

Herr G. Ulbricht, Ulm: Welcher Preis und welche Lebensdauer der Dezimeterrohre werden dem Preisvergleich zwischen Kabel- und Dezistrecken zugrunde gelegt?

Vortragender: Der gegenwärtige Preis z.B. einer Wanderfeldröhre ist auf etwa 5000 - 6000 DM angesetzt, ihre Lebensdauer auf etwa 2000 Stunden.

Herr M. Kluge, Stuttgart: Welche Anteile enthält der Kapitaldienst bei dem Wirtschaftlichkeitsvergleich?

Vortragender: Die Anteile bestehen aus Verzinsung, Amortisation und Betriebskosten.

Richtfunkanlagen mit Pulsphasenmodulation

Von H. Holzwarth

Unter den Zeitaufteilungsverfahren, wie Pulsamplitudenmodulation, Pulsweitenmodulation, Pulsphasenmodulation, stellt die letzte, abgesehen von der Pulscode-modulation, das für die Übertragung günstigste Ver-fahren dar, da es die beste Geräuschminderung bringt und die geringsten Anforderungen an die Hochfrequenz-geräte und Übertragungswege stellt.

Bild 1 zeigt die Wirkungsweise der Pulsphasenmodu-lation für den Fall, daß sechs Kanäle gleichzeitig über-tragen werden sollen. Für jeden Kanal wird im Rhyth-mus von 8 kHz, d. h. mit einem zeitlichen Abstand von 125 µs ein Impuls ausgesendet; dieser Wert hat sich für die Übertragung von Telefoniekanälen mit einem Fre-quenzband von 300 ... 3400 Hz schon allgemein ein-geführt. Zwischen diesen Impulsen liegen zeitlich ver-setzt die Impulse der anderen fünf Kanäle. Die Nach-richten selbst werden in eine zeitliche Auslenkung aus der Normallage gelegt. Für die phasenrichtige Synchroni-sation von Sende- und Empfangsanlage muß ein Impuls oder eine Impulsanordnung mitgesendet werden, die sich irgendwie von den Kanalimpulsen unterscheidet. Man verwendet zu diesem Zweck am häufigsten entweder einen Impuls von längerer Dauer (z. B. 3 µs gegen 0,5 µs der Kanalimpulse) oder einen Doppelimpuls. Man über-trägt mit diesem Verfahren gleichzeitig bis zu 24 Kanäle. Bei dieser Kanalzahl ist der Impulsabstand 5,2 µs, d. h. die Pulsfrequenz 192 kHz. Die maximale Zeitauslenkung beträgt dabei etwa ± 2 µs. Theoretisch sind natürlich der Übertragung beliebig hoher Kanalzahlen keine Grenzen gesetzt. Es sprechen aber einige Gründe dagegen, dieses Verfahren für sehr hohe Kanalzahlen zu verwenden. Man wendet dann besser die Frequenzmodulation an, bei der die Kanäle durch Frequenzaufteilung (TF-Technik) ge-bündelt werden.

Einige dieser Gründe seien kurz angedeutet:

- a) Wenn eine Geräuschminderung erreicht werden soll, muß bekanntlich das Verhältnis des Breite des Über-tragungsbandes zur Breite des Modulationsbandes vergrößert werden. Dieses Verhältnis ist aber bei der Pulsphasenmodulation schon an sich um einen Zahlen-faktor schlechter als bei der Frequenzmodulation. Wegen der vor allem von Holbrook-Dixon untersuchten Gesetzmäßigkeiten bei der Addition der Leistungen von trägerfrequent gebündelten Kanälen, die bei den Pulsmodulationsverfahren nicht gelten, wird dieser Unterschied bei großen Kanalzahlen noch größer; der Unterschied in der Geräuschminderung be-trägt dann mehr als 1 N.
- b) Ein wesentlicher Vorteil der Pulsphasenmodulation ist der geringe Aufwand in den Geräten. Man verwendet beispielsweise im Hochfrequenzsendeteil nur einen einfachen selbsterregten Sender, der durch die Im-pulse getastet wird, d. h. während der Impulslücken überhaupt nicht schwingt. Bei jedem Impuls muß der Sender wieder neu anschwngen. Bekanntlich geht dieser Anschwingvorgang nach statistischen Gesetzen vor sich, d. h. die Impulsflanken besitzen von vorn-herin eine Geräuschphasenmodulation. Diese kann zwar durch besondere Maßnahmen, wie Hilfs- oder Locksender, weit herabgedrückt werden; je größer aber die Kanalzahl ist, desto geringer wird der Nutz-zeithub und desto geringer wird, da der Geräusch-zeithub bleibt, der allein durch die Geräte bedingte Geräuschabstand, wenn man nicht einen komplizierten Senderaufbau in Kauf nehmen will. Außerdem werden die erforderlichen Zeitgenauigkeiten so groß, daß Pulsphasenmodulationsgeräte mit sehr großen Kanal-zahlen rasch einen sehr großen Aufwand bedingen würden und gegenüber Frequenzaufteilungsgeräten keine Vorteile mehr brächten.

c) Beim Übergang von bereits vorhandenen Träger-frequenz-Vielbandübertragungen auf Kabelwegen in Richtfunkstrecken würde eine vollständige Demodu-lation auf Niederfrequenz und eine nachfolgende Pulsphasenmodulation erforderlich. Das hauptsächliche Anwendungsgebiet ist demnach die Übertragung nicht zu großer Kanalzahlen (z. B. bis zu 24) von Nieder-frequenz auf Niederfrequenz (z. B. in der Netzgruppe oder auf Zubringerstrecken).

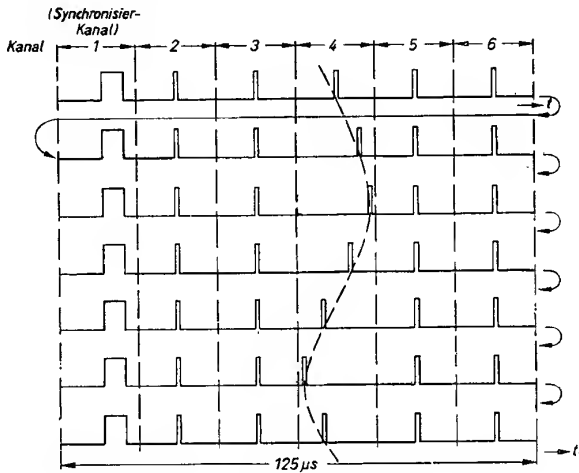


Bild 1 Zeitaufteilung von 6 Kanälen mit Pulsphasenmodulation (Kanal 4 moduliert)

Bei der Abzweigung einzelner Kanäle bietet die Puls-phasenmodulation einen wesentlichen Vorzug, nämlich eine einfache Abzweigtechnik. Der Empfangsteil von Pulsphasenmodulationsanlagen ist ebenso wie der Sender sehr einfach aufgebaut. Nach der Umsetzung von der Strahlungsfrequenzlage in die Zwischenfrequenzlage und anschließender Verstärkung werden die Zwischenfrequenz-impulse gleichgerichtet; ein anschließender einfacher Breitbandverstärker gibt Gleichstromimpulse mit aus-reichender Amplitude ab. Der Ausgang dieses Geräts kann nun entweder einem Modulationsgerät zugeführt

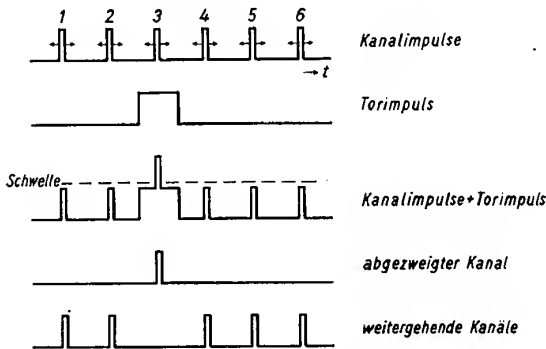


Bild 2 Abzweigtechnik bei Pulsphasenmodulation

werden, oder der Sender kann — bei einem Zwischenamt — für die weitergehende Richtung getastet werden. Diese einfache Gleichrichtung verursacht praktisch keine stören-den Effekte wie Nebensprechen oder Klirrfaktor, die man bei Mehrkanalübertragung mit der Einseitenband-Ampli-tudenmodulation oder dem Frequenzmodulationsverfahren beachten muß. Bei Mehrkanalübertragung mit Frequenz-modulation muß man auf sehr gute Linearität des Fre-quenzdemodulators und des nachfolgenden Frequenz-modulators achten. Besser ist die direkte Umsetzung der empfangenen Zwischenfrequenz in die neue Strahlungs-

frequenz. Will man jedoch einzelne Kanäle abzweigen, so müssen sämtliche Kanäle demoduliert und neu moduliert werden; außerdem sind Trägerfrequenzeinrichtungen erforderlich. Dagegen stehen bei Pulsphasenmodulationsanlagen die Gleichstromimpulse in jedem Falle zur Verfügung, ob man abzweigen will oder nicht. Durch verhältnismäßig einfache Einrichtungen ist es nun möglich, einzelne Kanäle auszublenden und zu demodulieren. Man

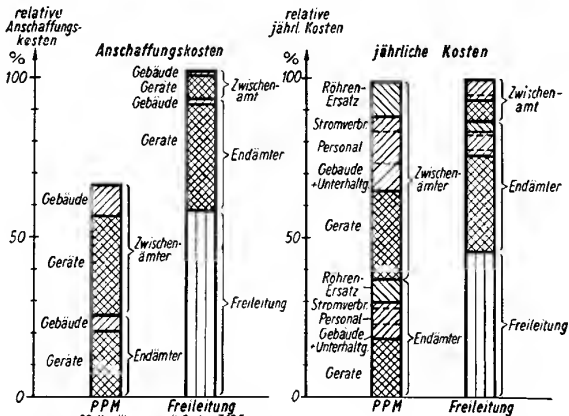


Bild 3 Vergleich der Kosten einer PPM-Verbindung mit einer TF-Freileitung

verwendet hierzu z. B. örtlich erzeugte Torimpulse. Die gleichen Torimpulse können dabei zur Löschung dieser Kanäle aus der gesamten Impulsfolge verwendet werden. An deren Stelle können neue Impulse mit anderer Modulation gesetzt werden. Bild 2 zeigt schematisch den Vorgang.

Zur Nachrichtenübermittlung steht heute eine große Zahl von Verfahren und Geräten zur Verfügung. Bei neuen Geräten ist vor allem die Forderung der Wirtschaftlichkeit wichtig. Als erste Richtfunkgeräte aus der Nachkriegsentwicklung sind Pulsphasenmodulationsgeräte so weit ausgereift, daß man ihre Wirtschaftlichkeit mit ausreichender Sicherheit berechnen kann. Es ist also möglich, sie der Wirtschaftlichkeit der leitungsgebundenen Verbindungen gegenüberzustellen.

Wir haben einen solchen Vergleich angestellt, und zwar mit einer Freileitungsverbindung, die trägerfrequent mit 24 Kanälen ausgenutzt ist. In beiden Fällen sind gleiche Kanalzahl und gleiche Entfernung von 200 km angenommen. In Bild 3 sind die jährlichen Kosten einander gegenübergestellt, die Anschaffungskosten sind als Amortisationsanteil mit enthalten. Dabei wurde die Lebens-

dauer bei Geräten zu 15 Jahren, bei Gebäuden zu 50 Jahren und bei der Freileitung zu 30 Jahren angenommen. Die jährlichen Kosten wären demnach bei beiden Systemen etwa gleich. Die reinen Anschaffungskosten sind in jedem Falle bei Pulsphasenmodulationsverbindungen immer günstiger; beim vorliegenden Vergleich ist das Freileitungssystem etwa 50 % teurer. Man sieht also, daß eine Richtfunkverbindung sehr wohl mit einer Drahtverbindung konkurrieren kann. Dafür spricht auch die Tatsache, daß das Pulsphasenmodulationsverfahren sehr robust ist; das hat der etwa einjährige Betrieb mit Laboratoriumsgeräten gezeigt, die, wie es bei einer neuen Technik verständlich ist, noch einige Mängel aufwiesen. Es wurden dabei 12 Kanäle auf einer Wellenlänge von 12 cm zwischen dem Siemensgebäude, Hofmannstraße in München zum Turm des Deutschen Museums übertragen. Die meisten vom Siemenswerk abgehenden Stadtgespräche wurden mit Gleichstromwahl während mehrerer Monate über diese Strecke zum

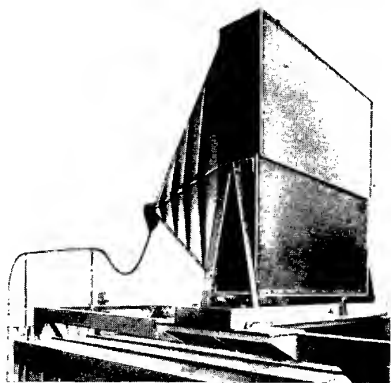


Bild 5 Hornstrahler mit elektrischer Linse für 12 cm-Richtfunk-Verbindungen

Münchner Amt 2 geführt. Wie viele der dabei auftretenden Betriebsstörungen den Wählerämtern (hängenbleibenden Wählern) oder dem Pulsphasenmodulationssystem zuzuschreiben waren, war nicht exakt festzustellen; sie dürften sich aber ungefähr zur Hälfte auf beide Ursachen verteilen. In nicht allzu ferner Zeit werden außerdem auch Hochfrequenzröhren zur Verfügung stehen, die bei dieser Betriebsart eine ausreichende Lebensdauer haben werden (diese liegt heute mit Scheibentrioden bei 2000 Std.). Dann werden die Richtfunkverbindungen auch die Betriebssicherheit von Drahtverbindungen besitzen; außerdem wird der Posten „Röhrenersatz“ in Bild 3 kleiner.

Für die praktische Ausführung der Pulsphasenmodulation gibt es zur Zeit eine Reihe von Verfahren. Das erwähnte Gerät erzeugt zuerst amplitudenmodulierte Pulse, die in Gruppen von je sechs Kanälen in einer Stufe gemeinsam in phasenmodulierte Pulse umgewandelt werden. Der Empfänger arbeitet umgekehrt, er wandelt die phasenmodulierten Pulse zuerst wieder gemeinsam in amplitudenmodulierte um und verteilt sie durch zeitliche Abstimmung auf die Kanäle.

Das Bild 4 zeigt die fertigungsreife Neukonstruktion einer Pulsphasenmodulationsanlage für die Übertragung von bis zu 23 Kanälen. Diese Geräte sind bereits für die Abzweigtechnik in Kanalgruppen eingerichtet. Sie bestreichen den in der Konferenz von Atlantic City vorgesehenen Bereich von 11,1...12,2 cm Wellenlänge, d. h. von 2450...2700 MHz. Der Hochfrequenzteil kann je nach Anwendungszweck mit zwei Sendertypen von 0,5 W oder 5 W mittlerer Leistung ausgerüstet werden. Bild 5 zeigt eine Antenne für den angegebenen Wellenbereich.

Wählt man eine genügend hohe Frequenz, also das eigentliche Gebiet der ausgesprochenen Richtverbindungen von 5...30 cm, so ist es möglich, bei einwandfreier Sicht unter Beachtung der Fresnelzone sehr stabile

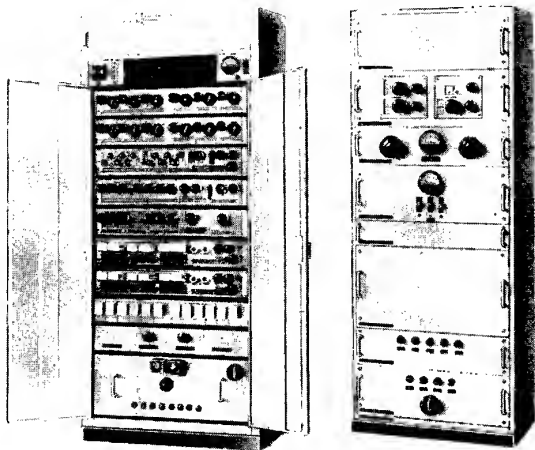


Bild 4 Pulsphasenmodulationsanlage für 23 Kanäle

Streckendämpfungen zu erhalten, d. h. man kann Richtfunkstrecken wie Kabelstrecken planen. Für die Streckendämpfung der freien Raumbreitung gilt bekanntlich die einfache Gleichung:

$$b = \ln \frac{\lambda d}{F},$$

die, wie aus der Literatur zu entnehmen ist, und wie es sich praktisch auch gezeigt hat, sehr gut mit den Messungen übereinstimmt.

Für den am Empfängereingang erforderlichen, auf 1 mW bezogenen Leistungspegel p_0 einer Richtfunkstrecke gilt allgemein

$$p_0 = s + \frac{1}{2} \ln z + \frac{1}{2} \ln R - g - 14,4 \text{ [Neper]}.$$

Dabei sind: s der im Sprachkanal geforderte Geräuschabstand, z die Zahl der zu übertragenden Kanäle, R das Rauschmaß (kT-Zahl) des Empfängers und g der Gewinn des Modulationsverfahrens. s ist dabei im Gegensatz zu früheren Veröffentlichungen und zu der bei der Kurzwellentechnik üblichen Gepflogenheit nicht auf 100 % Modulation, sondern nur auf 33 % Modulation, d. h. auf den Meßpegel im Sprachkanal bezogen. Bekanntlich soll nach den bei Trägerfrequenzanlagen üblichen Forderungen der Deutschen Post bei + 0,7 N am relativen Pegel 0 noch keine Übersteuerung des Kanals eintreten. Ob man nicht bei Mehrkanaleinrichtungen mit einem Pulsphasenmodulationsverfahren von dieser Forderung etwas abweicht, müßte noch untersucht werden.

Der Empfangspegel ist andererseits

$$p_0 = p_s - b$$

gleich der Differenz des Sendepiegels p_s und der Streckendämpfung b . Hiermit wird

$$b + s = p_s - \frac{1}{2} \ln z - \frac{1}{2} \ln R + g + 14,4 \text{ [Neper]}.$$

Man sieht hieraus, daß für eine bestimmte Gerätetype die Summe aus Streckendämpfung und Geräuschabstand im Sprachkanal eine Konstante ist, wenn Sendeleistung, Kanalzahl, Rauschmaß des Empfängers und das Modulationsverfahren einmal festliegen. Für eine mittlere Sendeleistung von 0,5 W, $z = 24$ Kanäle, $R = 10$, $g = 1,7$ N ergibt sich als Beispiel

$$b + s = 16,5 \text{ N}.$$

Zahlenwerte in dieser Größenordnung kommen bei praktisch ausgeführten Pulsphasenmodulationsgeräten im Bereich von 5...30 cm vor. Wir haben nun mit einem Mittelwert von $b + s = 16,5$ N ein Diagramm aufgetragen (Bild 6), das typisch für Richtfunkanlagen allgemein, insbesondere für Pulsphasenmodulationsanlagen ist. Dieser Wert kann natürlich je nach Gerätetyp in gewissen Grenzen schwanken.

Die Abhängigkeit $b + s = \text{const}$ ergibt in dem Diagramm eine 45°-Gerade. Sie gilt aber nur in einem eingeschränkten Bereich; sie geht nach hohen Werten von s über in eine Gerade parallel zur Abszisse, d. h. in das Grundgeräusch der Geräte, das hauptsächlich durch das schon erwähnte Rauschen des Senders durch statistisches Anschwingen verursacht wird. Nach kleinen Werten von s zu zeigt sich ein anderer Einfluß: bei allen Modulationsverfahren mit einem Gewinn an Geräuschabstand wird unterhalb einer bestimmten Schwelle des Signals die

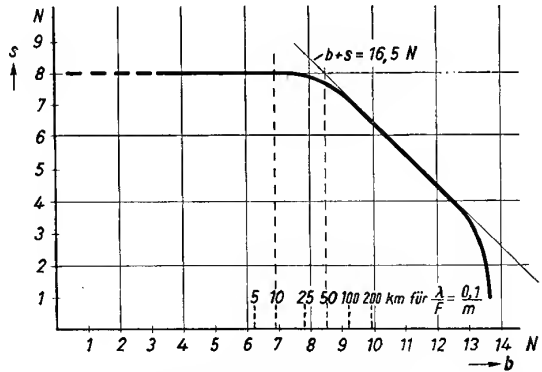


Bild 6 Geräuschabstand s im Sprachkanal über der Streckendämpfung b für eine Richtfunkstrecke

Geräuschminderung aufgehoben. Diese Erscheinung wird dadurch hervorgerufen, daß die Spitzenamplituden des Rauschens ein Vielfaches seines Effektivwertes betragen. Bei Pulsphasenmodulationsanlagen wird dann z. B. eine Spitzenamplitude wie ein Nutzpuls gewertet und verursacht ein Störgeräusch. Dadurch fällt die Gesamtkurve bei einem Wert von etwa $s = 3...4$ N ziemlich plötzlich auf sehr kleine Werte ab; für die erreichbare Dämpfung b ergibt sich eine ziemlich scharfe, dem Gerät eigentümliche Grenze. Da man in der Streckenplanung Geräuschabstände s von 7 N und darüber anstrebt, tritt diese untere Grenze nicht störend in Erscheinung.

Um eine Vorstellung von den erreichbaren Entfernungen zu bekommen, haben wir beispielsweise in die b -Achse eine Entfernungsskala eingetragen, die für ein Verhältnis der Wellenlänge zur effektiven Antennenfläche von 0,1/m gilt (z. B. $\lambda = 12$ cm, $F_{\text{eff}} = 1,2$ m²). Man muß natürlich die Dämpfung der Antennenzuleitungen und Sendeempfangsweichen zu der reinen Streckendämpfung addieren.

Wird für eine Gerätetype ein derartiges Diagramm angegeben, so ist zusammen mit der Formel $b = \ln \frac{\lambda d}{F}$ die Streckenplanung in sehr einfacher Weise bestimmt.

Impuls-Dezimeter-Übertragungsanlage IDA 22

Von G. Ulbricht

Einleitung

Nachdem bei Telefunken die Erzeugung und der Empfang von Dezimeterwellen aus dem Forschungszustand zur technischen Anwendung herangereift war, wurde der erste praktische Einsatz dieser Wellen für Richtverbindungen zur Übertragung von Nachrichten vorgenommen. Telefunken hat auf diesem Gebiet eine bedeutende Pionierarbeit geleistet. Bei den Heeresmanövern im Jahre 1936 wurde zum ersten Male eine solche Übertragungsanlage, damals für einen Kanal im Gegensprechbetrieb, also eine hochfrequente Vierdrahtleitung, erfolgreich eingesetzt. Auf Grund der Erfahrungen mit dieser Anlage, die im Bereich zwischen 50 und 60 cm Wellenlänge arbeitete, wurde ein Gerät entwickelt und zur Fabrikationsreife gebracht, das den Namen Michael er-

hielt und ab 1939 geliefert wurde. Diese Michaelanlage erlaubte die Übertragung von 2 Sprech- und 1 Telegraphiekanal oder von 7 Telegraphiekanälen, die mit Frequenzmodulation der Hochfrequenzwelle (54...60 cm) aufmoduliert wurden. In den Jahren 1940 bis Kriegsende wurden mehr als 2500 solcher Anlagen geliefert und nach und nach von der Luftwaffe zu einem ganzen Nachrichtennetz zusammengestellt. Dieses Netz reichte von Berlin aus sternförmig bis zur Kanalküste, nach Norwegen, zum Schwarzen Meer (Rostow), nach Süditalien, Griechenland und direkt oder über die Insel Kreta nach Nordafrika. Es war damit tatsächlich möglich, von Kirkenes bis nach El Alamein über eine Strecke von mehr als 5000 km Verkehr zu unterhalten. Insgesamt waren ca. 50 000 km Relaisstrecken in Betrieb.

Ein weiteres Gerät mit dem Namen Rudolf entstand 1942. Es war für die gleichzeitige Übertragung von 9 Telephoniekanälen oder maximal 27 Telegraphiekanälen ebenfalls mit Frequenzmodulation im 50 cm-Band eingerichtet. Beide Geräte wurden nach Kriegsende von der Besatzungsmacht, später von der Deutschen Post wieder eingesetzt, auf eine größere Anzahl Sprechkanäle, allerdings unter Verringerung der technischen Bedingungen, vor allem bezüglich Frequenzband und Rauschabstand, umentwickelt. Sie sind auf der Strecke von Bremen nach München mit Abzweigen nach Bonn und Nürnberg seit Jahren im praktischen Betrieb.

Wellenbereich und Modulationsart

Im Jahre 1949 wurde bei Telefunken wieder ein Laboratorium für Dezimeter-Nachrichten-Übertragungsanlagen gegründet, aus dessen Arbeit in diesem Jahr eine neue Anlage „IDA 22“, Impuls-Dezimeter-Anlage für 22 Betriebskanäle, hervorgegangen ist. In diesem Gerät ist von den bei uns während des Krieges und in USA nach 1945 erzielten Fortschritten der Dezimeter-Technik Gebrauch gemacht. Die benutzte Hochfrequenz-Wellenlänge liegt in dem von der Atlantic-City-Konferenz vorgeschriebenen Band um 15 cm (1700...2300 MHz). Als Modulationsverfahren wird Impulsphasenmodulation verwendet, ein Verfahren, das bei Telefunken bereits 1944 grundlegend erarbeitet worden ist und in einer Versuchsanlage mit 8 Kanälen einen Betrieb auf einer kurzen Strecke durchgemacht hatte.

Der Vorteil der 15 cm-Welle gegenüber der 50 cm-Welle liegt in der erzielbaren höheren Bündelung bei gleicher Antennenfläche, wobei die Welle bezüglich der Ausbreitung und der Beeinflussung durch den wechselnden Zustand der Atmosphäre nach den in USA gesammelten Erfahrungen als besonders günstig angesehen werden kann.

Die Impulsphasenmodulation mit einer zeitlichen Staffelung der zu übertragenden Kanäle erlaubt eine direkte Anschaltung der Sprechadern an die Übertragungsanlage, ohne daß eine besondere Verstärkung oder eine Umformung nach dem Trägerfrequenzprinzip erforderlich ist. Sie ist also für den Einsatz im Nahverkehr (Netzgruppenverkehr) der Großstädte besonders geeignet. Wegen der zeitlich nacheinander erfolgenden Übertragung der Kanäle ist eine gegenseitige Beeinflussung weitgehend verhindert. Eventuell auftretende Verzerrungen wirken sich nicht auf andere Kanäle aus. An den Relaisstellen genügt eine einfache Gleichrichtung des Hochfrequenzträgers, ohne Demodulation auf die Niederfrequenz. Die mittlere Senderleistung ist gering, da die Impulse nicht viel breiter zu sein brauchen, als ihre Flanke dauert. Gegenüber anderen Impulsverfahren (Impulsamplituden- oder -längenmodulation) ist wegen der sehr geringen Schwankung der Gleichstromkomponente eine Übertragung der Impulse über RC-Glieder genügend hoher Zeitkonstante möglich. Ebenso kann eine Impulsbegrenzung ohne Verzerrung der Niederfrequenzspannung angewendet werden. Der Ruf kann in Form einer zeitlichen Verschiebung des Übertragungsimpulses als Gleichstromruf in sehr einfacher Weise ausgeführt werden und erfordert keinen Rufumsetzer.

Das Verfahren ist selbstverständlich auch im Weitverkehr benutzbar, wenn man voraussetzt, daß bei Anlieferung der zu übertragenden Gespräche als Trägerfrequenzband eine Demodulation auf einzelne Kanäle erfolgen kann.

Der Hochfrequenzteil

Sender und Empfänger der Anlage IDA 22 sind für einen Teil von 200 MHz des Gesamtwellenbereiches (600 MHz) durchstimmbare eingerichtet. Der Sender ist ein am Gitter impulsgetasteter Scheibenrohrsender, die Senderöhre also eine Triode der amerikanischen Type 2 C 39 A, deren Nachbau z. Z. bei Telefunken betrieben wird. Die erzielbare HF-Leistung beträgt max.

10 W im Dauerstrich. Da mit einem Tastverhältnis von ca. 10 gearbeitet wird, ist die Spitzenleistung 100 W. Soweit man im Betrieb mit einer verminderten Leistung auskommt, ist es aus Gründen der Lebensdauer der Röhre zweckmäßig, mit einem geringeren Teil der Leistung, etwa mit 5 W, zu arbeiten. Der eigentliche Sender besteht aus 2 ineinander gestülpten konzentrischen Kreisen, deren Abstimmung durch Schieber über Zahnstangentriebe vorgenommen wird. Eine der beiden Abstimmungen trägt eine geeichte Skalenscheibe, die andere braucht nur grob (ohne Eichung) eingestellt zu werden. Für die Rückkopplung ist eine besondere, nicht geeichte Einstellschraube vorgesehen. Der frequenzbestimmende Teil ist ein lose an den Ausgang angekoppelter Topfkreis besonders hoher Temperaturkonstanz. Dieser Kreis wird durch ein membranartiges Gebilde mit 50 Hz um die Resonanzfrequenz herum gewobbeln und liefert bei Verstimmung der Senderfrequenz gegenüber seiner Resonanzfrequenz an einem Ringmodulator über einen Verstärker eine gerichtete Regelspannung, die einen Motor zur automatischen Nachstimmung des Senders betätigt. Der Motor bewegt über eine Kurvenscheibe einen Stempel im Hauptkreis des Senders. Der HF-Teil des Empfängers sitzt mit dem Sender im gleichen Einschub.

Von der Empfangsantenne führt eine konzentrische Leitung über ein Bandfilter, das aus 2 abstimmbaren Topfkreisen besteht, zum Mischkopf. Dieser ist ebenfalls ein Topfkreis, an den außer der Antennenzuführung die Oszillatorspannung und ein Kristalldetektor angekoppelt sind. Die Ankopplungen können auf optimale Leistungsanpassung, auch in bezug auf den an der Antennenleitung auftretenden Scheinwiderstand für die Spiegelleitung, eingestellt werden. Die Empfindlichkeit des Empfängereingangs ist etwas von der Güte des Detektors abhängig und beträgt im Mittel 20 kT₀.

Der Oszillator ist ebenfalls ein Scheibenrohrsender mit der Röhre 2 C 40 in einem gegenüber dem Hauptsender vereinfachten Aufbau, dessen Abstimmung über 2 Antriebe, die einen Stempel bewegen, vorgenommen wird. Vom Detektor führt eine kurze Leitung zum Zwischenfrequenz-Vorverstärker, der direkt neben dem Mischkopf sitzt. Der Vorverstärker besteht aus 4 Röhren; die ersten beiden arbeiten in der sogenannten Wallmann-Schaltung, einer Kombination einer Kathodenbasis- mit einer Gitterbasis-Schaltung, die sich durch eine besonders geringe Eingangsrauschleistung auszeichnet. Die vorgesehene ZF liegt bei 120 MHz. Der Ausgang des ZF-Vorverstärkers besteht aus 2 parallelgeschalteten Stufen, die an ein konzentrisches Kabel angepaßt sind. Einer der Ausgänge führt in einen weiteren Einschub, den ZF-Hauptverstärker, der zweite ist zum Anschluß eines Meßverstärkers für Feldstärkeregistrierungen gedacht. Die Empfindlichkeit des ZF-Verstärkers allein beträgt 3,5 kT₀.

Der Empfänger-Oszillator besitzt ebenso wie der Sender eine motorische Nachstimmung, die von dem Output eines Diskriminators im Ausgang des ZF-Hauptverstärkers betätigt wird. Auf diese Weise wird erreicht, daß in einem Funkfeld sich Sender und Empfänger automatisch auf die Frequenz einstellen, die durch den temperaturkonstanten Schwingkreis am Sender gegeben ist.

Der ZF-Hauptverstärker besitzt nach der Endstufe eine Schaltung zur Regenerierung der Impulse. Diese besteht aus einer Röhrenanordnung, die aus dem empfangenen Impuls einen scheibenförmigen Ausschnitt aus der Mitte, d. h. der steilsten Stelle der Impulsflanke, heraus-schneidet, und einer darauf folgenden neuen Impulsableitung. Auf diese Weise werden auf jeder Relaisstelle Impulse gleicher Form erzeugt und ausgesendet, so daß keine sich über die Relaisstellen addierende Verbreiterung stattfindet. Dies ist für den Rauschabstand der gesamten Strecke von wesentlicher Bedeutung.

Im Hauptverstärker ist weiterhin eine Röhrenstufe „Trägerkontrolle“ vorhanden, die festzustellen hat, ob die empfangene Impulsreihe vorhanden ist oder nicht.

Sie drückt den jeweiligen Zustand durch die Stellung eines Relaiskontaktes aus. Dieser Kontakt sorgt dafür, daß das Dienstgespräch auch bei Ausfall eines Funkfeldes betriebsfähig bleibt und soll außerdem zur automatischen Anschließung von Reservegeräten auf unbemannten Stationen dienen.

Die Dauer eines Impulses im Senderausgang beträgt etwa $0,5 \mu\text{sec}$, die Flankendauer etwa $0,15 \mu\text{sec}$. Das Spektrum eines Impulses hat eine Breite von 8 MHz, die Bandbreite des gesamten ZF-Teils ist ebenso groß. Im Gegensatz zu normalen Verstärkern nimmt bei Verstärkern für den Empfang von zeitmodulierten Impulsen der Signalausabstand mit zunehmender Bandbreite nicht ab, sondern so lange zu, als mit der Verbreiterung des Bandes noch Spektrallinien des Impulses erfaßt werden, die zur Erhöhung der Flankensteilheit beitragen. Es ist deshalb zweckmäßig, die Empfangsbandbreite so groß zu machen, wie das meßbare Spektrum des Impulses reicht.

Ersetzt man die Streckendämpfung eines Funkfeldes einschließlich der Antennen durch ein geeichtes HF-Dämpfungsglied, so läßt sich bei der beschriebenen Anlage unter Voraussetzung eines Signalausabstandes hinter der Demodulation von 7 N eine Dämpfung von 10 N einschalten, ein Wert, der angenähert dem aus der Senderleistung, Empfängerempfindlichkeit, Flankensteilheit und Modulationshub berechneten Betrag entspricht. Das bedeutet, daß das Rauschen im Ausgang der Anlage nur durch die Rauschleistung des Empfängereingangs, beispielsweise 20°KT_0 , bestimmt wird. Um diesen Zustand zu erreichen, war es allerdings notwendig, einen sogenannten Locksender vorzuschalten. Dieses ist ein Oszillator kleiner Leistung vom gleichen Aufbau wie der Empfänger-Oszillator, der an den Hauptsender lose angekoppelt ist und an diesen eine Signalspannung im Dauerstrich abgibt. Diese kleine Signalspannung, die gegenüber der HF-Spannung während des Impulses vernachlässigbar klein ist, bewirkt, daß beim Einsetzen des Impulses der Sender nicht von der zufällig vorhandenen Rauschspannung aus hochschwingt, sondern von der eingekoppelten HF-Spannungsspitze aus. Damit wird vermieden, daß die Impulsflanke verrauscht ist. Die Wirkung ist sowohl bezüglich der Anschwing- wie der Ausschwingflanke des Impulses vorhanden und verbessert den Rauschabstand je nach der Einstellung des Senders um 1 bis 2 N. Die Frequenz des Locksenders braucht nicht gerade gleich der Senderfrequenz zu sein. Wesentlich ist nur, daß eine Spannung am Sender erzeugt wird, die groß gegenüber der Rauschspannung ist.

Alle Abstimmungen des HF-Teiles der Anlage tragen Eichskalen, so daß ein Wellenwechsel im vorgesehenen Bereich ohne Schwierigkeiten möglich ist. An einem Kathodenstrahloszillographen in einem in jeder Anlage vorgesehenen Meßfeld kann der Impuls im Senderausgang aufgeschrieben und auf die günstigste Form, vor allem auf max. Flankensteilheit einreguliert werden.

Das Modulations- und Demodulationsverfahren

Die Anlage ist für die Übertragung von 23 Gesprächen, d. h. 22 Betriebs- und 1 Dienstgespräch, eingerichtet. Der 24. Kanal (Taktimpuls) dient der Synchronisierung von Sende- und Empfangs-Endstelle. Da auf den Relaisstellen eine neue Impulsableitung stattfindet, die durch ein differenzierendes Netzwerk bewirkt wird, darf sich der Taktimpuls nicht von den Gesprächsimpulsen unterscheiden. Er wird daher durch einen Doppelimpuls dargestellt, d. h. durch 2 gleiche Impulse, die voneinander den Abstand einer Impulsbreite haben. Um ihn von den übrigen Impulsen zu trennen, gibt man ihn auf eine am Ende kurzgeschlossene Laufzeitkette, deren Hin- und Rücklaufzeit gleich der doppelten Impulsbreite ist. Die Reflexion des ersten Impulses setzt sich additiv auf den zweiten Impuls und bewirkt somit eine Amplituden-

verdoppelung dieses Impulses, so daß er an einem vorgespannten Röhrengitter leicht ausgeblendet werden kann.

Die Impulsgrundfrequenz beträgt ca. 8 kHz. Damit kann unter Berücksichtigung des für die Niederfrequenzfilter erforderlichen Frequenzbandes leicht eine Gesprächsfrequenz bis 3400 Hz übertragen werden. Das Modulationsgestell der Anlage enthält 4 Einschübe, nämlich 2 Modulationsteile für 12 bzw. 11 Kanäle, eine Impulszentrale und einen Impulsverteiler. Für jeden Kanal stehen $\frac{1}{24}$ von $\frac{1}{8000} \text{ sec}$ gleich $\frac{1}{192000} = 5,2 \mu\text{sec}$ zur Verfügung. Jeder Impuls hat eine Breite, die etwa 10 % dieser Zeit entspricht. Im Ruhezustand befindet er sich in der Mitte des zeitlichen Kanals (Bild 1). Bei voller Modulation (100 %) bewegt er sich um ca. $\pm 0,5 \mu\text{sec}$, also gleich einer Impulsbreite nach rechts und links. Erst wenn er sich um den vierfachen zeitlichen Betrag bewegen würde, würde er die Grenze der ihm zur Verfügung stehenden Kanalbreite erreichen. Das bedeutet,

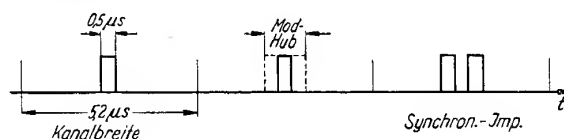


Bild 1 Impulsschema

daß gegenüber einem Modulationshub von 100 % (Pegel 0) eine Reserve von 4, in der Amplitude entsprechend 12 db vorhanden ist. Damit ist einer Übersteuerungsforderung Genüge getan, die auf den von Holbrook und Dixon angestellten statistischen Beobachtungen beruht (Gesprächsspitze vom 4fachen Wert des Pegels 0 einmal innerhalb 3 Minuten). Da nach CCI ein Rauschabstand von ca. 7 N erreicht werden muß, ist die kleinste zeitliche Modulationsamplitude, die noch übertragen werden muß, $\frac{0,5}{1000} \mu\text{sec} = 5 \cdot 10^{-10} \text{ sec}$. Es hat sich gezeigt, daß bei entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen eine form- und frequenzgetreue Gesprächsübertragung mit Hilfe derartiger kleiner Zeitverschiebungen durchaus möglich ist.

Die Impulszentrale liefert eine Impulsgruppe von 192 kHz, den sogenannten unmodulierten Summenkanal, die durch Frequenzvervielfachung aus einem 8 kHz-Impuls abgeleitet wird. Der 8 kHz-Impuls wird aus einem quarzgesteuerten Oszillator gewonnen. Der Vorteil dieser Anordnung liegt in der Anwendung der Frequenzvervielfachung. Andere bekannt gewordene Verfahren gehen von der hohen Frequenz (192 kHz) aus und erzeugen die Impulsgrundfrequenz durch Frequenzteilung. Fast alle Frequenzteiler aber können durch Spannungsschwankungen oder Temperaturänderungen außer Tritt fallen.

Außerdem gibt die Impulszentrale auf 4 Leitungen Impulse von 8 kHz ab, und zwar den Start- und 3 Gruppenimpulse, die jeweils um 6 Kanalbreiten zeitgestaffelt sind. Der Startimpuls dient zur Auslösung von je 23 zeitgestaffelten Impulsen. Sie geschieht in einem besonderen Einschub, dem Impulsverteiler. Jeder sechste zeitgestaffelte Impuls fällt mit einem Gruppenimpuls zusammen, wodurch eine große Betriebssicherheit (Ausfallmöglichkeit nur max. 6 Impulse) erreicht wird. Endlich wird auch der Taktimpuls erzeugt (Bild 2).

Die zeitgestaffelten Impulse werden im Modulationsteil der Kathode einer Modulatorröhre zugeführt, an deren Gitter die zu übertragende Niederfrequenz liegt. Man erhält an der Anode der Modulatorröhre dann einen amplitudenmodulierten Gesprächsimpuls. Jeweils 12 Modulatorröhren sind anodenseitig parallel geschaltet, so daß 2 amplitudenmodulierte Summenkanäle entstehen, einer mit den geradzahlgigen, einer mit den ungeradzahlgigen Gesprächsimpulsen. Jeder dieser beiden Summenkanäle mit AM wird nach bekannten Verfahren (Sägezahn-Längenmodulation, Zeitmodulation) in einen Summenkanal mit Impulsphasenmodulation umgewandelt und beide Kanäle

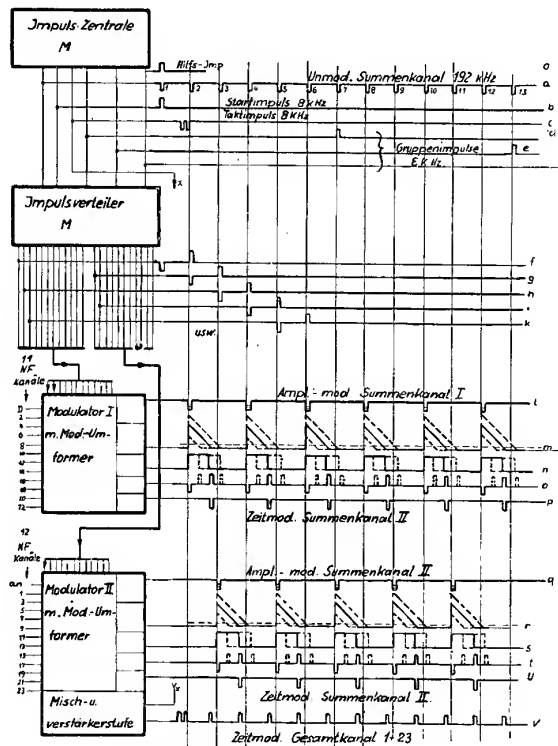


Bild 2 Modulationsschema der Anlage IDA

schließlich mit dem Taktimpuls zu einem Gesamtkanal zusammengefaßt, der zur Modulation des Senders benutzt wird. Hierfür ist ein besonderer Modulationsendverstärker vorgesehen, der im Ausgang zwei parallelgeschaltete Leistungsröhren in Anodenbasisschaltung enthält und im HF-Einschub angeordnet ist.

Analog besteht auch das Demodulationsgestell aus 4 Einschüben: einer Impulszentrale, einem Impulsverteiler und 2 Demodulationsteilen für je 12 bzw. 11 Kanäle. In der Impulszentrale wird der Taktimpuls ausgesondert und über ein Bandfilter wieder durch Frequenzvervielfachung zur Erzeugung eines unmodulierten Summenkanals von 192 kHz benutzt, sowie zur Erzeugung des Start- und der 3 Gruppenimpulse. Diese sind wieder

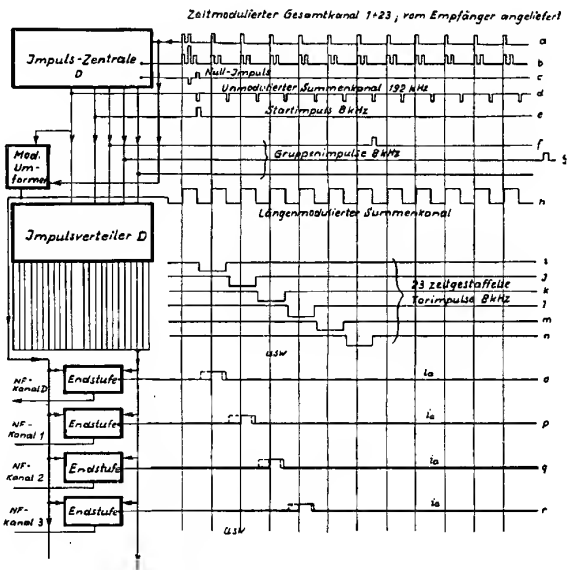


Bild 3 Demodulationsschema der Anlage IDA

zeitgestaffelt und haben einen Abstand von je 6 Kanälen voneinander (Bild 3). Der Impulsverteiler macht aus diesen Gruppenimpulsen 23 zeitgestaffelte Impulse auf 23 Leitungen, je einen für jeden Kanal, die hier aber eine Breite von der Zeitdauer eines Kanals erhalten. Diese Torimpulse werden den 23 Endstufen in den beiden Demodulationseinschüben zugeführt. In einer besonderen Umformerstufe wird der ankommende zeitmodulierte Summenkanal mit dem unmodulierten Summenkanal der Impulszentrale gemischt, so daß ein Summenkanal mit längenmodulierten Impulsen entsteht. Dieser wird der Kathode der 23 Demodulationsendstufen zugeführt, während am Gitter jeweils einer der 23 Torimpulse liegt. An der Anode wird daher an jeder Röhre der dazugehörige Gesprächsimpuls ausgeblendet, der über ein Tiefpaßfilter zur Endverstärkerröhre geleitet wird.

Eine Regelschaltung mit einer automatischen motorischen Nachstellung dient zur Phasenkontrolle der Bandfilterkreise in der Empfangsimpulszentrale, welche die Phasenlage zwischen Taktimpuls einerseits, den 192 kHz-Impulsen und den zu diesen phasenstarken Start- und Gruppenimpulsen andererseits festlegen. Durch letztere werden die Torimpulse bestimmt, so daß die phasenrichtige Zuordnung der Sende- und Empfangsimpulse gewährleistet ist.

Das gesamte Verfahren der Modulation und Demodulation erfordert zwar in dieser Form eine größere Anzahl von Röhren, ist aber so aufgebaut, daß es eine hohe Betriebssicherheit gewährleistet. Wenn man von den Röhren absieht, die als Dioden oder als Impulsröhren mit weniger als 1/10 ihrer zugelassenen Verlustleistung arbeiten, also eine hohe Lebensdauer haben, sind in den ganzen Modulationsteilen weniger Röhren vorhanden, die bei Ausfall zu einem Gesamtausfall aller Gesprächskanäle führen, als beispielsweise in einem einzigen Hochfrequenzempfangsteil. Bei einer Übertragungsstrecke sind aber der Modulations- und Demodulationsteil nur einmal, nämlich auf den Endstellen vorhanden, während die Empfangsteile in jeder Relaisstelle vorkommen. Man kann also sagen, daß die Betriebssicherheit der Anlage nicht durch das Modulationsverfahren bestimmt wird.

Auf jeder Relaisstelle muß es möglich sein, das „Dienstgespräch“ zu entnehmen. Der hierfür vorgesehene Impuls muß demoduliert und als Gespräch abgehört werden können, während er gleichzeitig zur nächsten Relaisstelle weiterläuft, oder das Gespräch muß abgehört (aufgetrennt) und in beiden Richtungen der Strecke wieder als neues Gespräch eingeblendet werden können. Zur Durchführung dieser Funktionen, die durch einen Schalter gewählt werden können, ist auf der Relaisstelle ein besonderer Einschub vorhanden: das Dienstgerät. Der Dienstkanal ist der auf den Synchronisierkanal folgende. Die für die Ein- und Ausblendung des Dienstimpulses erforderlichen Torimpulse werden aus dem Taktimpuls gewonnen und stehen somit in der richtigen zeitlichen Beziehung zum Gesamtkanal.

Modulation und Demodulation geschehen in der gleichen Weise wie in der Endstelle bei den Betriebskanälen. Da bei Ausfall einer Teilstrecke auch der Taktimpuls und damit das Dienstgespräch ausfallen würde, ist im Dienstgerät ein Nottaktimpulsgenerator vorhanden, der durch das Trägerkontrollrelais des ZF-Teiles eingeschaltet wird. Damit der Bedienende das Dienstgespräch nicht nur am Gestell, sondern auch in größerer Entfernung davon, z. B. in seiner Wohnung, führen kann, ist ein weiterer Schubkasten mit einer Gabelschaltung für den Übergang von 4-Draht- auf 2-Drahtbetrieb vorgesehen. Dieses Gerät trägt auch einen Lautsprecher zum Mithören.

Es hätte nahegelegen, das Dienstgespräch in den Synchronisierkanal zu legen, z. B. durch eine zusätzliche Modulation des Taktimpulses selbst. Damit hätte man einen weiteren Kanal für ein Betriebsgespräch gewonnen, sich

aber der Möglichkeit begeben, in den Relaisstellen die Gesprächsimpulse zu regenerieren. Denn die Regenerierung, die in einer neuen Impulsableitung besteht, setzt voraus, daß die Gesprächsimpulse und der Taktimpuls von der gleichen Form sind, damit nicht der Taktimpuls bei der neuen Ableitung sein charakteristisches Merkmal verliert. Das würde aber der Fall sein, wenn man ihm zusätzlich ein Gespräch aufmodulierte, sei es in Form einer Amplitudenmodulation oder einer Zeitmodulation einer seiner beiden Flanken. Der Vorteil der Impulsregenerierung auf der Relaisstelle schien besonders im Hinblick auf die Übertragung über viele Funkfelder größer zu sein als der, einen zusätzlichen Betriebskanal zu gewinnen.

Die Antennen

Als Antennen werden bei der Anlage IDA zunächst Parabolspiegel benutzt, die über Hornstrahler erregt werden (Bild 4). Der Parabolspiegel hat gegenüber den von den Amerikanern eingesetzten Hornlinsenantennen den Vorzug eines einfacheren Aufbaues. Die Blechlinsen sind verhältnismäßig selektiv, die dielektrischen Verzögerungslinsen kompliziert. Dagegen ist die Rückwärts- und Seitenzipfeldämpfung der Parabolspiegel nicht auf so hohe Werte zu bringen wie bei den Hornstrahlern. Doch werden diese Werte nur in Spezialfällen benötigt, wofür eine besonders geeignete Antenne noch entwickelt wird.

Der Erregertrichter besitzt eine zweifache Anpassungskompensation. Die beim Übergang vom Hohlrohr zur Trichterpyramide bestehende Stoßstelle wird durch eingesetzte Drähte und eine bedienbare Schraube kompensiert, die an der Trichteröffnung vorhandene Stoßstelle durch eine aufgesetzte Haube aus Plexiglas. Diese Haube soll das Eindringen von Regenwasser und Eisbildung am Triterrand verhindern und ist bezüglich Wandstärke, Dielektrizitätskonstante und Abstand so bemessen, daß sie die erwünschte Kompensation bewirkt. Der durch Rückreflexion zum Spiegelmittelpunkt in die Trichteröffnung entstehende Anpassungsfehler wird dadurch ausgeglichen, daß der Spiegel im Mittelpunkt eine um einen gewissen Betrag vorstehende kreisförmige Platte besitzt. Damit wird eine Auslöschung der in den Trichter hineingehenden reflektierten Strahlung erreicht.

Die erwähnten Maßnahmen bewirken, daß die maximale Fehlanpassung vom Parabolspiegel wie vom Trichter nicht größer als 5 % über eine Frequenzänderung von 10 % ist, wobei noch nicht untersucht wurde, wie weit sich der Frequenzbereich innerhalb dieser Fehlanpassung noch vergrößern läßt. Der impulsgetastete Sender hat eine so große Stabilität, daß auf die Anpassung der Antenne im Gegensatz zu Übertragungsanlagen mit FM kein besonderer Wert gelegt zu werden braucht. Sie geht praktisch nur auf die abgegebene Leistung ein.

Der Spiegel hat einen Durchmesser von 3 m. Die Form seiner Parabel wurde so gewählt, daß ein möglichst hoher Wirkungsgrad entsteht. Diese Forderung widerspricht der auf möglichst geringe Nebenzipfel, so daß ein Kompromiß eingegangen werden mußte. Die Angaben über die Wirkfläche von Antennen, die in der Literatur zu finden sind, streuen sehr stark und sind oft unrichtig, da genaue Messungen ziemlich hohen Aufwand erfordern und Berechnungen der Wirkfläche aus dem aufgenommenen Richtdiagramm falsche Ergebnisse liefern, wenn nicht alle Nebenzipfel einbezogen werden. Man neigt aber leicht zur Vernachlässigung kleiner Nebenzipfel, weil sie sehr schwer zu messen sind. Da sie sich über eine große Fläche verteilen, tragen sie jedoch erheblich zum Wirkungsgrad bei. Die Antennen der IDA-Anlage haben eine Wirkfläche von 65 % der räumlichen Fläche. Dieses ist der exakte Wert, der durch eine Abolutmessung festgestellt wurde. Berechnet man die Wirkfläche aus dem Strahlungsdiagramm und läßt Nebenzipfel weg, die kleiner als 30 db in bezug auf die Spitze

des Hauptzipfels sind, so erhält man eine Wirkfläche von über 80 %. So groß ist der Einfluß der kleinen Nebenzipfel.

Sender und Empfänger einer Anlage können an die gleiche Antenne angeschlossen werden, da sie auf verschiedenen Frequenzen arbeiten. Es ist dann notwendig, daß der Sendereingang an der Verzweigungsstelle hoch-



Bild 4 Antenne der Anlage IDA

ohmig ist, damit nicht die Empfängerempfindlichkeit beeinflusst wird. Hierzu ist eine veränderliche konzentrische Leitung (Posaune) vorgesehen. Außerdem müssen die Filter im Empfängereingang durch Hinzufügen mehrerer Glieder erweitert werden, da sonst die hohe Senderspitzenspannung, die an den Empfängereingang gelangt, nicht klein genug ist und ein zusätzliches Rauschen her-

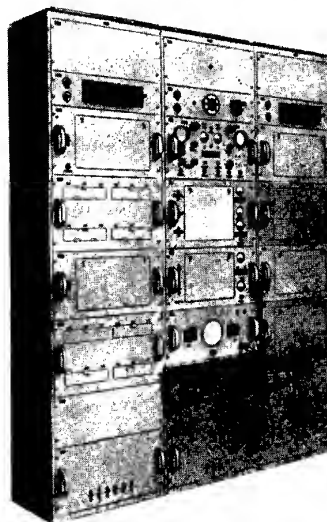


Bild 5 Eine Endstelle der Anlage IDA (links Demodulationsteil, Mitte Sende- u. Empfangsteil, rechts Modulationsteil)

vorrufen. Die Verbindung der Geräte mit der Antenne geschieht über ein konzentrisches Kabel der Type 8/24, das am Erregertrichter ein Übergangsstück auf die Hohlrohrleitung trägt.

Allgemeines

Bild 5 zeigt eine Ansicht einer Endstelle, Bild 6 die Ansicht einer Relaisstelle. Die Endstelle besteht aus dem

Modulationsteil (rechtes Gestell), dem Demodulationsteil (linkes Gestell) und dem Sendeempfangsteil (Mittelgestell), die Relaisstelle aus 2 Sendeempfangsteilen. Die Gestelle entsprechen den DIN-Normen mit 550 mm Breite und etwa 2 m Höhe, die einzelnen Geräte sind als Einschübe mit Führungsstiften und Messerleisten ausgebildet. Bild 7 zeigt den HF-Einschub. Die an der Anlage nieder-

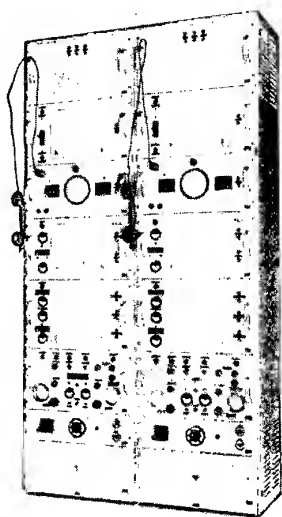


Bild 6 Eine Relaisstelle der Anlage IDA
(2 Sende-Empfangsteile mit Dienst-
gesprächgerät)

frequenzmäßig gemessenen Werte betragen für den Rauschabstand 8 N oder besser, für das Übersprechen von einem Kanal auf einen beliebigen anderen wenigstens 7,5 N, für den Klirrfaktor weniger als 3 %. Der Eingangspegel beträgt $-2,0$ N (0,1 V), der Ausgangspegel $+1$ N (2,1 V) an 600 Ohm.

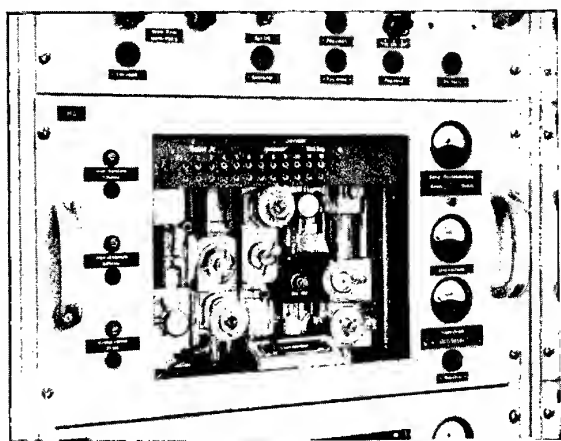


Bild 7 Hochfrequenz-Einschub der Anlage IDA (vorderer Verschluss-
deckel abgenommen, so daß die Bedienungsriffe zugänglich sind)

Aussprache

(zu den Fachberichten H. Holzwarth und
G. Ulbricht)

Herr G. Häbeler, Stuttgart, und Herr E. Hölzler, München: Wie hoch ist der spezifische Röhrenaufwand der Modulationseinrichtungen je Kanal im Vergleich zu den trägerfrequenten Modulationsverfahren, bei denen die Röhrenzahl je Kanal etwa 3,5 (beide Endstellen, Sender und Empfänger) beträgt?

Herr Holzwarth: Der Röhrenaufwand bei trägerfrequenten Verfahren beträgt mit Ruf- und Wähleinrichtungen etwa 4 ... 5 Verstärkerröhren pro Kanal für beide Endgeräte, d. h. für eine Vierdrahtverbindung mit je zwei Sende- und Empfangseinrichtungen. Die entsprechende Röhrenzahl ist bei dem jetzigen S & H-23-Kanal-PPM-System 7,3 Verstärkerröhren pro Kanal. Das System läßt sich in zwei 12-Kanalsysteme auftrennen. Bei einem reinen 23-Kanalsystem könnte der Röhrenbedarf etwas verringert werden.

Herr Ulbricht: Die PPM-Anlage von Telefunken existiert in zwei Ausführungen in Bezug auf das Modulations- und Demodulationsverfahren: Ausführung a) mit Röhren benötigt pro Vierdrahtkanal (also Hin- und Rückrichtung) 16 Röhren. Ausführung b) mit Germaniumdioden benötigt pro Vierdrahtkanal 5 Röhren. Bei der Entwicklung von Ausführung a) lagen noch keine geeigneten Germaniumdioden vor. Da auch heute noch keine ausreichenden Erfahrungen über Lebensdauer und Konstanz von Germaniumdioden vorhanden sind, ist Ausführung b) so eingerichtet, daß an Stelle von Germaniumdioden Röhrendioden eingesetzt werden können.

Herr E. Langsdorf, Karlsruhe: Wieviel Kanäle lassen sich an den Relaisstellen abzweigen? Können beliebige Kanäle oder nur bestimmte Gruppen herausgeführt werden?

Herr Holzwarth: Das S & H-PPM-23-Kanalgerät ist für die Abzweigung von Gruppen von 6, 6, 6 und 5 Kanälen eingerichtet; die Kanäle einer Gruppe sind dabei äquidistant. Für die Abzweigung beliebiger einzelner Kanäle ist ein Zusatzgerät erforderlich.

Herr Ulbricht: Die an einer Relaisstelle abzuzweigenden Kanäle lassen sich bei einer vorhandenen Anlage nicht beliebig verändern bezüglich ihrer Zahl oder ihrer Kanalnummer. Die abzuzweigenden Kanäle müssen entweder äquidistant sein oder nebeneinander liegen. Im letzteren Falle ist ein besonderes Zusatzgerät erforderlich.

Herr Jaenke, Stuttgart: Sind Germaniumdioden zum Einsatz in Impulsmodulationsschaltungen geeignet?

Herr Holzwarth: Die Germaniumdioden werden beim S & H-System in keinem Falle mit einem Spitzenstrom belastet, der höher liegt als der zulässige Dauerstrom. Es konnte kein anderes Verhalten als bei Dauerbelastung festgestellt werden.

Herr Ulbricht: Wie schon oben erwähnt, liegen wenigstens bei Telefunken noch nicht genügend Erfahrungen bezüglich Lebensdauer und vor allem Konstanz der Germaniumdioden vor. Die Verwendung von Germaniumdioden, die paarweise gleich sein müssen wie bei Ringmodulator- oder ähnlichen Schaltungen, scheint nicht empfehlenswert zu sein.

Antennen im Ultrakurzwellenbereich

Von W. Berndt

Unter Ultrakurzwellenbereich wird im allgemeinen der Bereich von 1 bis 10 m Wellenlänge verstanden. In diesem Wellenbereich ist während der Nachkriegsjahre eine große Anzahl verschiedenartiger Funkanlagen entwickelt und in Betrieb genommen worden. Entsprechend den verschiedenen Anwendungszwecken werden Antennen von durchaus unterschiedlicher Art benutzt. Die

Anwendungsgebiete lassen zunächst drei Grundtypen erkennen:

I. Rundfunk einschließlich Fernsehen:

der Aufgabe des Rundfunks entsprechend werden Sendeantennen mit kreisrunden oder nahezu runden Horizontaldiagrammen verlangt.

II. Richtfunkverbindungen:

hierzu sind Antennen mit einer mehr oder weniger ausgeprägten Richtwirkung in der Horizontalebene erforderlich.

III. Funksprechdienste mit Fahrzeugen, ausgehend von ortsfesten Funkstellen:

die Fahrzeugantennen sind mit Rücksicht auf die freie Beweglichkeit der Fahrzeuge rundstrahlend, während die ortsfesten Antennen je nach Art des Versorgungsgebietes rundstrahlend oder leicht gebündelt sein können.

I. Rundfunk und Fernsehen

Der UKW-Rundfunk arbeitet in Deutschland und auch in den meisten europäischen Ländern im Frequenzbereich 87,7...100 MHz. Die Antennen sind horizontal polarisiert, da sich auf Grund von Ausbreitungsmessungen, die vorwiegend von der British Broadcasting Company durchgeführt wurden, erhebliche Vorteile gegenüber vertikaler Polarisation gezeigt haben. Dieser Effekt wird durch das Vorhandensein von örtlichen Störquellen erklärt, die insbesondere durch Kraftfahrzeuge hervorgerufen werden, für die die horizontal polarisierte, symmetrisch aufgebaute Empfangsantenne offenbar ein Minimum an Aufnahmemöglichkeit bietet. Die Messungen der BBC haben ergeben, daß bei Vorhandensein von Störern $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ der Feldstärke ausreicht, um bei horizontaler Polarisation einen einwandfreien Empfang gegenüber einem System mit vertikaler Polarisation sicherzustellen.

Darüber hinaus bietet die Anwendung der horizontalen Polarisation den technischen Vorteil einer bequemen Speisung der übereinander angeordneten Strahlerelemente. Es ist nämlich das typische Kennzeichen aller UKW-Antennen, daß sie, zu mehreren übereinander angeordnet und mit annähernd gleichen Amplituden und Phasen gespeist, eine erhebliche Bündelung in der Vertikalebene ermöglichen. Die damit erzielte größere Reichweite wird durch Anbringung der Antennen auf möglichst hohen Masten noch verbessert. Die horizontalen Strahlerelemente lassen sich längs eines solchen Mastes bequem ohne gegenseitige Beeinflussung von Antennenleitern einerseits und Mast bzw. Speiseleitung andererseits anbringen.

Der UKW-Rundfunk verwendet als Senderantennen eine große Anzahl verschiedener Typen. Die unterschiedlichen Ausführungsformen ergeben sich aus der Notwendigkeit, trotz des gerichteten Horizontaldiagrammes eines horizontalen Dipols durch geeignete Formgebungen oder Kombination die für den Rundfunk erforderliche Rundstrahlung zu erzielen.

Die hauptsächlichen Ausführungsformen sind:

1. der Kreuzstrahler (Turnstile), bestehend entweder aus einfachen Dipolen, gefalteten Dipolen oder sogenannten Schmetterlingsdipolen, die kreuzweise angeordnet sind und mit einer Phasendifferenz von 90° gespeist werden;
2. die U- und V-Antenne (Bild 1), gebildet durch Abknicken eines Halbwellendipols;
3. die Kombination von drei oder vier $\lambda/2$ -Dipolen, mit gleichsinnig umlaufenden Antennenströmen (magnetischer Dipol).
4. die über einen oder mehrere Schlitze gespeisten Rohrantennen, z. B. die Pylon-Antenne der RCA und der Doppelschlitzstrahler von Telefunken (Bild 2).

Als Empfangsantennen mit Rundcharakteristik können die unter 2. genannten U- oder V-Antennen verwendet werden, meistens werden jedoch zur Ausnutzung der Richtwirkung horizontale $\lambda/2$ -Dipole, evtl. kombiniert mit Reflektoren oder sogenannte Yagi-Antennen mit Reflektor und Direktor benutzt. Als Dipole werden auf der Empfangsseite wegen der bequemen Anschlußmöglichkeit einer symmetrischen Zweidrahtniederführung von etwa 240 bis 300 Ohm Wellenwider-

stand meistens gefaltete Dipole bevorzugt, die gegenüber einem konzentrischen Kabel den Vorteil des geringeren Preises haben.

Der Frequenzbereich für Fernsehsender ist in Deutschland und einigen Nachbarländern mit 174 bis 216 MHz festgelegt. Die Antennen sind wie beim UKW-Rundfunk horizontal polarisiert. Wegen der wesentlich höheren



Bild 1 U-Antennen für UKW-Rundfunk a) Helsinki b) Hamburg

Anforderungen in bezug auf Anpassung und im Hinblick auf die Verwendung einer gemeinsamen Antenne für die Ton- und Bildsender wird von den bei UKW-Rundfunk genannten Möglichkeiten der Antennenausbildung der Kreuzstrahler bevorzugt. Diese Antennenart, die aus zwei räumlich um 90° versetzten Dipolen mit einer gegenseitigen Phasendifferenz von 90° besteht, bietet die Möglichkeit, über eine Brückenordnung, deren englische Bezeichnung Diplexer lautet, Ton- und Bildfrequenz zu trennen. Eine solche Antenne ist in Bild 3 wiedergegeben.

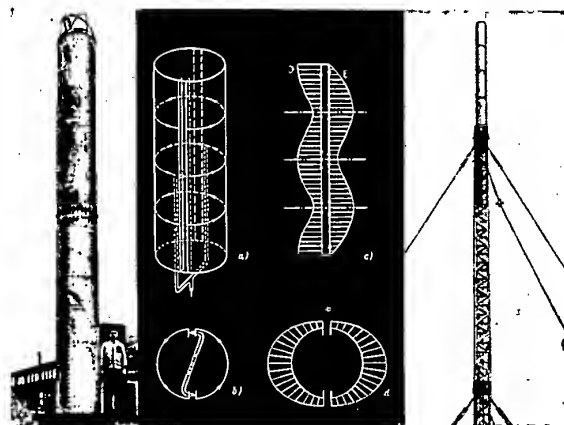


Bild 2 Doppelschlitzstrahler für UKW-Rundfunk

Die Empfangsantennen für den Fernsehbereich werden wahrscheinlich in ihrer mechanischen Ausführungsform den UKW-Rundfunkantennen gleichen, unterscheiden sich von diesen aber durch eine Verkleinerung aller Einzelteile etwa im Maßstab 2:1.

II. Richtfunkverbindungen

Zur Erzielung einer großen Reichweite über die optische Sicht hinaus ist die Wahl von möglichst langen UKW-Wellen zweckmäßig. Die längste hierfür in Frage kommende Welle ist gegeben durch die Möglichkeit einer Reflexion an der Ionosphäre, wodurch Störungen durch weit entfernte Dienste eintreten können. Entsprechend der in Deutschland geltenden Wellenvertei-

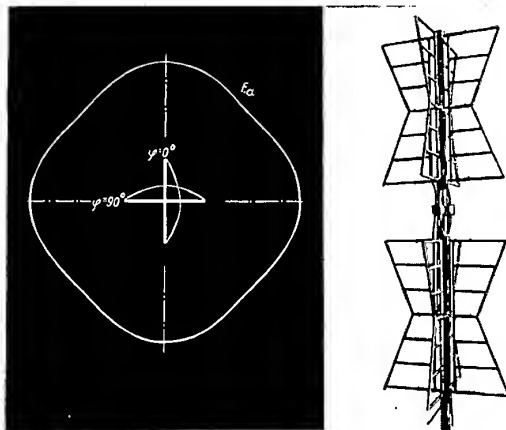


Bild 3 Fernschanter (Super-Turnstile)

lung ist ein Band von 41...68 MHz, d. h. ein Wellenbereich von 4,4...7,3 m für Richtfunkstrecken vorgesehen. In diesem Band wird vorwiegend mit Überreichweiten gearbeitet, die durch die Feuchtigkeitsschichtung der Troposphäre begünstigt werden. So arbeitet beispielsweise die Funkverbindung zwischen Berlin und Westdeutschland in diesem Frequenzbereich bei einer Entfernung von mehr als 200 km. Die Antennen sind auf der westdeutschen Seite vorwiegend auf Bergspitzen des Harzes errichtet, während in Berlin Masten bis zu einer Höhe von 150 m zur Aufnahme der Antennen dienen. Als Antennentypen werden vorwiegend zwei Arten verwendet:

1. die zwischen zwei Masten oder Türmen aufgehängte sogenannte Tannenbaumantenne, entsprechend dem bekannten Vorbild aus der Kurzwellentechnik. Bild 4 zeigt eine solche Anlage auf einem ehemaligen Bunker in Wannsee bei Berlin. In der weiteren Entwicklung verwendet die Telefunken-Tannenbaumantenne reusenförmige Einzelantennen, die eine Verbreiterung des übertragbaren Frequenzbandes ermöglichen. Diese sind in Parallelspeisung miteinander verbunden.
2. längs eines alleinstehenden Mastes oder Turmes angeordnete rohrförmige Dipole, vorwiegend zu zweien nebeneinander. Diese Rohrantennen sind wegen ihres kleineren Wellenwiderstandes breitbandiger als die Draht- oder Reusenantennen.

Beide Antennentypen gestatten über entsprechende Weichenanordnungen den gleichzeitigen Betrieb von zwei Sendern oder zwei Empfängern bzw. einem Sender und einem Empfänger an einer gemeinsamen Antenne. Der Frequenzabstand hierfür kann je nach der Leistung der

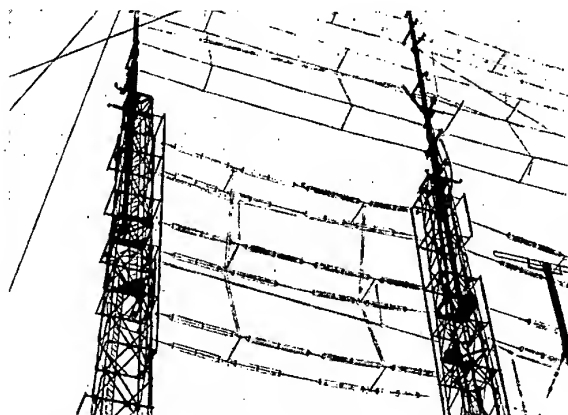
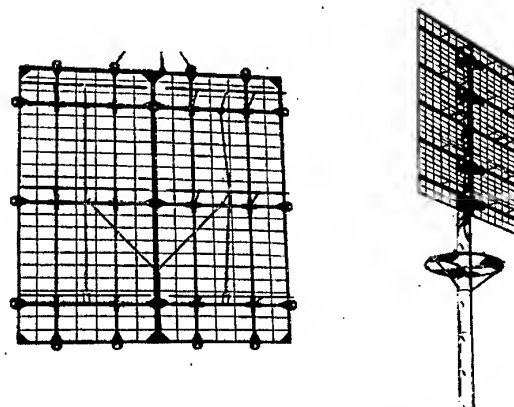


Bild 4 Tannenbaumantennen für UKW-Richtfunkstrecken (Berlin-Wannsee)

Sender bis zu 3 MHz herab gewählt werden. Als Senderleistung für diese Strecken werden allgemein 250 W bis 10 kW verwendet.

Für Entfernungen, bei denen die Ausnutzung der Überreichweite unnötig oder unerwünscht ist, wird ein Frequenzbereich bevorzugt, der entsprechend dem Wellenplan von Atlantic City zwischen 156 und 174 MHz liegt. In diesem Bereich können verhältnismäßig leicht transportable Antennen eingesetzt werden, die in Bezug auf ihre Dipolanordnung eine ähnliche Form aufweisen wie die größeren Richtantennen, aber an Stelle der strahlungsgekoppelten Reflektoren eine Reflektorwand besitzen, die aus Maschendraht, Vollmaterial oder einzelnen Bändern bestehen kann. Bild 5a zeigt eine derartige Richtantenne, wie sie vom FTZ der deutschen Bundespost als Zubringerstrecke für Fernsprech- und Rundfunkanschlüsse vorgesehen ist (4x3 Halbwellendipole vor einer Reflektorwand aus Maschenbändern).

Ein weiteres Band für Richtfunkverbindungen liegt zwischen 235 und 328,6 MHz; hierfür wurde von Telefunken im Jahre 1948 eine Anlage als Verbindung zwischen dem Studio und der Sendestation des Berliner Rundfunksenders Rias errichtet. Bild 5b zeigt die Antennenanlage auf dem Gelände des Rundfunksenders.

Bild 5 Richtantennen für Funkstrecken
a) 160 MHz, 4 x 3 Dipole, b) 240 MHz, 4 x 5 Dipole

Es wird eine Kombination von 4x5 Halbwellendipolen vor einer Reflektorwand aus horizontalen Leitungsbändern verwendet (Betriebswelle 1,25 m).

III. Funksprechdienste mit Fahrzeugen

Die Antennen für ortsfeste Anlagen und für Fahrzeuge unterscheiden sich wesentlich, und zwar sowohl in bezug auf ihre Bündelung als auch in bezug auf ihre mechanische Ausführung. Die Wahl der Polarisationsrichtung erfolgt hier im wesentlichen im Hinblick auf eine einfache und unauffällige Ausführungsform der Fahrzeugantenne. Die einfachste Antennenform ist zweifellos der vertikale Stab von etwa $\frac{1}{4}$ Wellenlänge. Diese Antennenform findet daher auf allen Personenkraftwagen Anwendung und z. T. auch auf Lastkraftwagen, schienengebundenen Fahrzeugen und Schiffen. Die drei letztgenannten Fahrzeugarten werden neuerdings aus den oben näher dargelegten Gründen oft mit horizontal polarisierten Antennen ausgerüstet.

Die auf Grund der Wellenverteilung von Atlantic City vorgesehenen Frequenzbereiche sind 70...87,5 MHz und 156...174 MHz. Im ersten Band sind in Deutschland als Abstand zwischen Sender und Empfänger 10 MHz festgelegt, im zweiten Band 4,5 MHz. Diesen Frequenzabständen sind in den meisten Fällen die Antennen anzupassen. Es ist nämlich besonders auf der Fahrzeugseite erwünscht, für den Sende- und Empfangskanal nur eine einzige gemeinsame Antenne zu verwenden. Die

Trennung zwischen Sender und Empfänger erfolgt über Weichen, die eine Sperrung auch bei nur 4,5 MHz Abstand gewährleisten.

Die am weitesten verbreitete ortsfeste Antenne ist die in Bild 6 dargestellte Vertikalantenne, bestehend aus 2 etwa $\frac{1}{2}$ Wellenlänge langen Dipolen. Die Konstruktion der Antenne ist so gewählt, daß sämtliche Leiterteile,

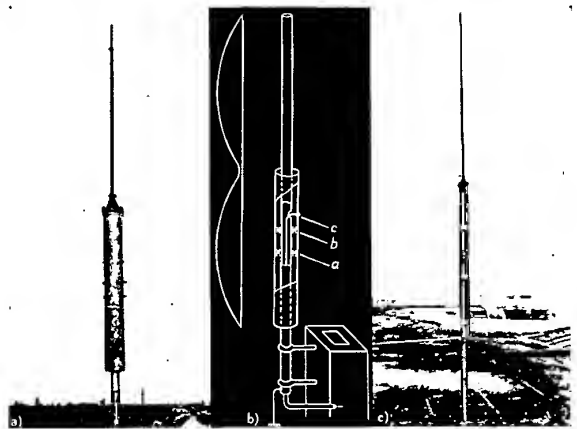


Bild 6 Ortsfeste Funksprechantenne; a) 160 MHz, b) Wirkungsweise, c) 80 MHz

insbesondere die Antennenspitze mit dem Speisekabel-Außenmantel, d.h. mit Masse verbunden sind, so daß die Antenne selbst einen Blitzableiter darstellt. Diese Forderung muß praktisch an alle UKW-Antennen gestellt werden und ist auch bei den horizontal polarisierten ortsfesten Antennen sichergestellt. Als horizontale ortsfeste Antennen werden ähnlich wie beim UKW-Rundfunk V- oder U-Antennen bzw. bei erforderlicher Richtwirkung Yagi-Antennen oder Kombinationen aus mehreren $\lambda/2$ -Dipolen verwendet.

Eine Fahrzeugantenne für Personenkraftwagen ist in Bild 7 dargestellt, entsprechend den beiden Ausführungsformen für Anlagen im 80 MHz-Band und im 160 MHz-Band. In der Dose am Fußpunkt des Vertikalstabes be-



Bild 7 Fahrzeugantenne für UKW-Funksprechdienste (80 und 160 MHz)

finden sich die Schaltelemente, die eine Anpassung der Antennen für die Sende- bzw. Empfangsfrequenz sicherstellen. Es sind zwei Ausführungsformen verbreitet, die eine mit der Möglichkeit eines zweiten Anschlusses an einen Autoempfänger im Mittel- und Langwellenbereich, die andere mit Einbau einer stark dimensionierten Spule, die den Antennenstab mit Masse verbindet. Die letztere Ausführung ist für Straßenbahnen und Eisenbahnwagen geeignet und gibt eine genügende Sicherheit gegen Berührung mit Hochspannungsleitungen.

Horizontal polarisierte Fahrzeugantennen werden in V- oder U-Form gebaut und insbesondere auf Schiffen, Eisenbahnwagen und Lokomotiven angewendet.

Aussprache

Herr W. Stöhr, Berlin: Die erzielte Spannung am Empfängereingang einer Richtfunkverbindung läßt sich als Produkt von vier Faktoren darstellen. Der erste Faktor ist durch die Streckendämpfung gegeben; der zweite Faktor ist gleich der Wurzel aus der Sendeleistung; der dritte Faktor ist eine Funktion der Aufstellungshöhe der Antennen, der vierte Faktor schließlich ist gleich der Wurzel aus dem Gewinn der Sende- bzw. Empfangsantenne. Man muß also möglichst hohe

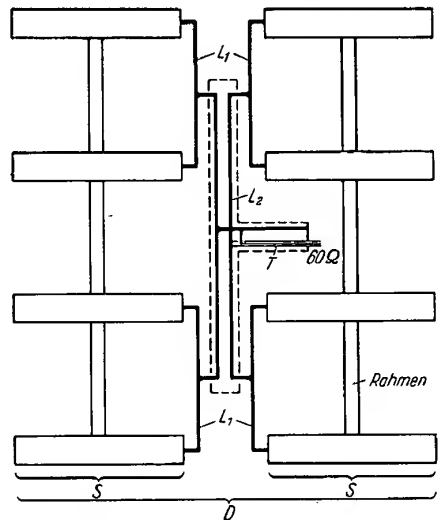


Bild 8 Aufbau und Welligkeit des Einheitsfeldes einer Breitband-Richtantenne mit windschnittigen Dipolen

Maste und Richtantennen mit großem Gewinn, d. h. großer Fläche, wählen. Beide Bedingungen stellen hohe Anforderungen an die Konstruktion der Maste. Nun ist die Belastung eines Antennenmastes weniger durch das Gewicht als vielmehr durch den Windwiderstand des Antennenfeldes begrenzt. Es war daher eine lohnende Aufgabe, breitbandige Richtantennen mit geringem Windwiderstand zu entwickeln.

Als Baueinheit einer Richtantenne für Meterwellen wurde eine Gruppe gewählt, die aus vier windschnittig geformten Ganzwellendipolen kleinen Schlankheitsgrades (D) mit strahlungsgekoppelten Resonanzreflektoren besteht, die über Paralleldrahtleitungen (L_1) und (L_2) gleichphasig gespeist werden (Bild 8). Ganzwellendipole, d.h. spannungsgespeiste Dipole, werden verwendet, da sie eine wesentlich flachere Resonanzkurve als stromgespeiste Halbwellendipole besitzen. Die Abstände der einzelnen Dipole auf den Dipolreihen, sowie die Abstände der Dipolreihen sind mit Rücksicht auf optimalen Gewinn, aber auch mit Rücksicht auf ausreichende, die Breitbandeigenschaft fördernde Kopplung gewählt.

Strahler und Reflektor sind in ihrer Mitte metallisch gehalten und jeweils auf der gleichen Stütze befestigt. Zur Erzielung einer relativen Bandbreite von $\Delta f/f_0 = \pm 25\%$ muß der Schlankheitsgrad des Strahlers, d. h. das Verhältnis Strahlerlänge zu Strahlerdurchmesser, zu etwa 10 gewählt werden. Die Verkürzung der Strahler, die eine Funktion des Schlankheitsgrades ist, beträgt rund 30%.

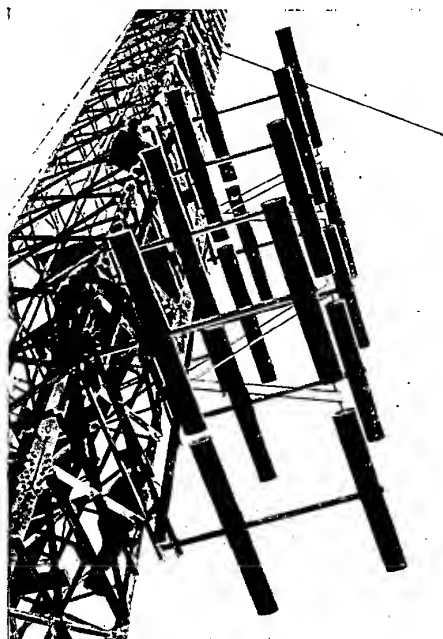


Bild 9 Einheitsfeld einer Breitband-Richtantenne mit windschnittigen Dipolen während der Montage am 140 m hohen Mast der Funkseinstelle Berlin-Wannsee

Die Bemessung der symmetrischen Speiseleitungen L_1 und L_2 wird nach dem Prinzip der fortgesetzten Anpassung vorgenommen, d. h. der Wellenwiderstand der

Leitungen L_1 muß dem Eingangswiderstand des Dipols (300 Ohm), der Wellenwiderstand der Leitung L_2 dem halben Wellenwiderstand der Leitungen L_1 angepaßt sein. Die Dipolgruppe wird über einen Symmetriertopf T mit großem Sperrwiderstand gespeist, dessen Eingangswiderstand auf 60 Ohm angepaßt ist.

Die windschnittige Formgebung der Dipole läßt sich nur bei horizontal polarisierenden Antennen ausnutzen. Bild 9 zeigt ein Einheitsfeld mit elliptisch geformten Dipolen während der Montage am Mast der Funkseinstelle Berlin-Wannsee. Der Windwiderstand eines solchen Feldes beträgt nur 30% des Widerstandes eines Feldes mit elektrisch äquivalenten Dipolen kreisförmigen Querschnittes. Die Welligkeit des in Bild 2 dargestellten Feldes ist in dem gesamten für Funkrichtverbindungen vorgesehenen Frequenzbereich von 41 ... 68 MHz $m \leq 1,3$. Die horizontale Halbwertsbreite der Feldstärke beträgt in der Mitte des Bereiches $\pm 26^\circ$, die vertikale Halbwertsbreite $\pm 11^\circ$. Im gesamten rückwärtigen Raum bleibt die Feldstärke unter 20% der Feldstärke im Strahlungsmaximum.

Der Gewinn des Einheitsfeldes, der durch graphische Integration des Strahlungsleistungsdiagramms ermittelt wurde, beträgt $G = 17$.

Die von Siemens & Halske für die Richtfunkverbindung Berlins mit dem Westen gebauten Sende- und Empfangsantennen bestehen aus maximal 8 Einheitsfeldern. Bei den Stationen der Bundespost wurden jeweils vier Einheitsfelder übereinander angeordnet. Ohne Zwischenschaltung von Relaisstationen werden Entfernungen von 140 km, 200 km und 215 km überbrückt.

Breitband-Rohrschlitzantennen

Von H. Bosse

1. Wirkungsweise

Ein $\lambda/2$ -langer Schlitz in einer unendlichen bzw. gegen die Wellenlänge großen, ebenen Blechplatte stellt das magnetische Gegenstück zum elektrischen $\lambda/2$ -Dipol dar [1]. Bei einem senkrecht stehenden Dipol verlaufen die magnetischen Feldlinien horizontal in Kreisen um den Dipol herum und die elektrischen Feldlinien senkrecht dazu stehend zwischen den Hälften des Dipols. Im Gegensatz dazu verlaufen bei einem senkrechten Schlitz, der in der Mitte der langen Schlitzkanten angespeist wird, die magnetischen Feldlinien senkrecht in Kreisen um die elektrischen Verschiebungsströme, die von der einen Schlitzkante zur anderen fließen [2]. Dementsprechend laufen

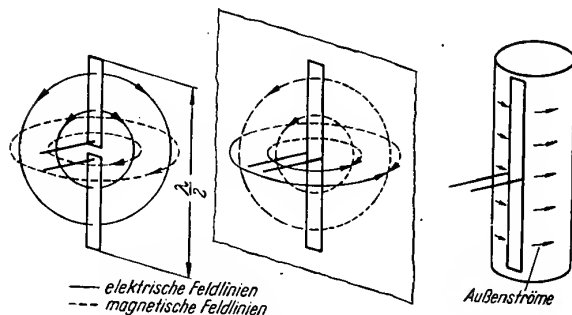


Bild 1 Vergleich zwischen Dipol, Flächenschlitz und Rohrschlitz

die elektrischen Feldlinien in horizontalen Kreisen um den Schlitz von einer Blechhälfte zur anderen (Bild 1).

Polarisationsrichtung der magnetischen und elektrischen Vektoren sind also im Vergleich zum elektrischen

Dipol vertauscht, so daß ein senkrechter Schlitz in einer senkrecht stehenden leitenden Ebene eine horizontal polarisierte Welle abstrahlt. Die Feldstärkeverteilung dagegen wird genau wie beim Dipol in der Horizontalen durch einen Kreis und in der Vertikalen durch eine angenäherte Kosinuskurve dargestellt. Auch der Frequenzcharakter des in der Mitte gespeisten $\lambda/2$ -Schlitzes verhält sich genau umgekehrt zu dem des Dipols. Während ein $\lambda/2$ -Dipol durch einen gedämpften Reihenschwingkreis dargestellt werden kann, entspricht der $\lambda/2$ -Schlitz einem gedämpften Parallelschwingkreis [3].

Biegt man nun ein geschlitztes Blech kreisförmig so um, daß sich die parallel zum Schlitz liegenden Blechkanten zum Rohr schließen, so entsteht der Grundkörper der Rohrschlitzantenne (Bild 1). Dabei wird jetzt die Abstrahlung der Energie nur noch von der äußeren Blechseite erfolgen, während die Abstrahlung der inneren Blechseite unterdrückt wird. Auf der Innenseite schließen sich daher die elektrischen Feldlinien von einer Wandseite zur anderen, so daß im Innern des Rohres eine Feldverteilung entsteht, die der magnetischen Grundschwingung eines Hohlrohres entspricht.

Die auf der Außenseite fließenden Ströme lassen ein äußeres Feld entstehen, das nach wie vor in der Vertikalen eine angenäherte Kosinuskurve, in der Horizontalen angenähert einen Kreis zeigt; auch die Polarisationsrichtung bleibt erhalten.

Der Frequenzcharakter des Eingangswiderstandes bleibt ebenfalls grundsätzlich erhalten, jedoch können wertmäßig je nach den Abmessungen der Antenne sehr große Verschiebungen auftreten. Man kann sich nämlich die Rohrschlitzantenne durch horizontale Schnitte in einzelne Kreisrahmen zerlegt denken [4], wobei die mit Flächen versehenen Schlitzkanten als Paralleldraht-Speiseleitung für die Rahmen aufzufassen sind.

Um nun die Antenne der herkömmlichen Berechnung mit Leitungsgleichungen zugänglich zu machen, faßt man die Strahlungsdämpfung des Elementarrahmens als Querleitwert G im Ersatzbild der Schlitzleitung auf und die Induktivität des Rahmens als Querinduktivität L_q , so daß das in Bild 2 gezeigte Ersatzbild entsteht. Beide Größen sind durch den Rohrdurchmesser D der Antenne bestimmt. Längsinduktivität L und Querkapazität C_q des Ersatzbildes ergeben sich über den Wellenwiderstand Z_s der unbelasteten Paralleldrahtleitung aus deren Abmessungen. Der Längswiderstand R der Leitung ist als vernachlässigbar klein angenommen, was für die in der Praxis vorkommenden Leitungslängen von wenigen λ durchaus zutrifft.

Faßt man die Querinduktivität L_q als negative Querkapazität auf, so ergibt sich eine nunmehr frequenzabhängige Kapazität C im Ersatzbild entsprechend der Gleichung

$$C = C_q - \frac{1}{\omega^2 L_q} \tag{1}$$

Die Verkleinerung von C bewirkt nun eine Vergrößerung der „Schlitzwellenlänge“ λ_s entsprechend der Gleichung

$$\lambda_s = \frac{2\pi}{\alpha_s} = \frac{2\pi}{\omega \sqrt{L \cdot C}} \tag{2}$$

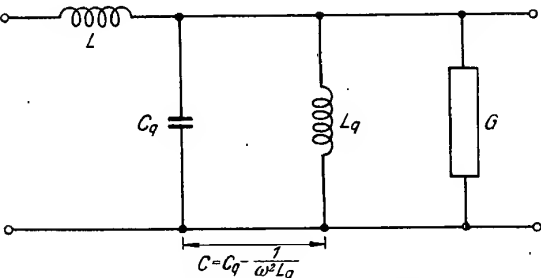


Bild 2 Leitungselement einer Rohrschlitzantenne

Das Gegenstück hierzu ist die in ein Dielektrikum mit hoher Dielektrizitätskonstante ϵ eingebettete Leitung, bei welcher die Querkapazität linear mit ϵ wächst, so daß sich λ_s entsprechend verkürzt, z. B. Meßleitung in Trolitul.

2. Schlitzwellenlänge und Schlitzspannung

Für die Abhängigkeit der Schlitzwellenlänge λ_s von der Luftwellenlänge λ erhält man aus Gl. (2) nach einigen Umformungen

$$\frac{\lambda_s}{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_G}\right)^2}} \tag{3}$$

Hierbei stellt die Grenzwellenlänge λ_G die Resonanzwellenlänge eines Schwingkreises dar, der aus der Querkapazität C_q und der Querinduktivität L_q des Leitungselementes Bild 2 gebildet wird.

$$\lambda_G = 2\pi \cdot c \cdot \sqrt{C_q \cdot L_q} \tag{4}$$

In dieser Grenzwellenlänge λ_G ist auch die Abhängigkeit der Schlitzwellenlänge λ_s von den mechanischen Abmessungen wie Rohrdurchmesser D , Spaltbreite s und Spalttiefe b enthalten. So wächst z. B. L_q mit größerem Durchmesser D und damit auch λ_G . Genau so wirkt eine Vergrößerung der Spalttiefe b oder Verkleinerung der Spaltbreite s , da hiermit C_q wächst.

Bei Berücksichtigung der Dämpfung läuft die Kurve in Bild 3 bei λ_G nicht ins Unendliche ein, sondern behält einen endlichen Wert. Im übrigen entspricht Gl. (3) genau der in der Hohlrohrtechnik bekannten Beziehung zwischen Hohlrohrwelle λ_R und anregender Luftwellenlänge λ , womit der Zusammenhang mit der Hohlrohrtechnik aufgezeigt ist.

Man kann also bei der Rohrschlitzantenne die für die Anspeisung der einzelnen Rahmenelemente verantwortliche Schlitzwellenlänge λ_s durch Wahl der mechanischen Abmessungen wesentlich länger als die anregende Luftwellenlänge λ machen. Dementsprechend kann man die Schlitzlänge l und somit die Bauhöhe der Antenne wesent-

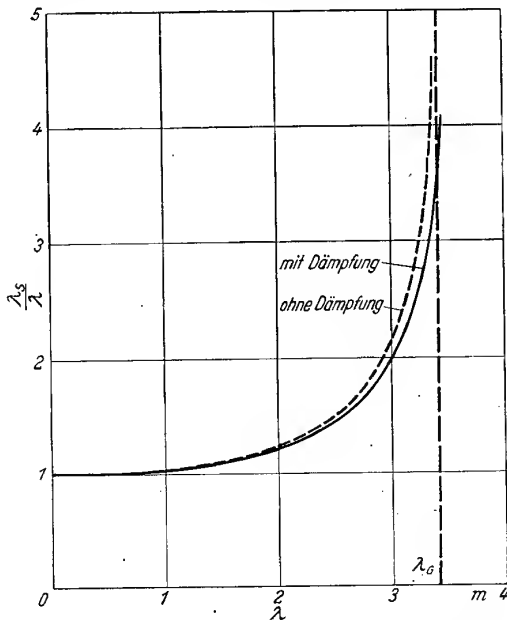


Bild 3 Schlitzwellenlänge λ_s einer Rohrschlitzantenne in Abhängigkeit von der erregenden Luftwellenlänge λ

lich größer als $\lambda/2$ wählen, so daß man ein Antennenelement erhält, welches trotz großer Höhe gegen $\lambda/2$ nur einen Anspeisepunkt besitzt. Die Wahl der Schlitzlänge l erfolgt dabei nach Gesichtspunkten der Breitbandigkeit, wobei eine Begrenzung nach oben und unten durch die Anforderungen an Vertikaldiagramm und Gewinn gesetzt ist.

Die Spannungsverteilung längs des Schlitzes wird mit Hilfe der gewöhnlichen Leitungsgleichungen berechnet und führt bei Vernachlässigung der Dämpfung zu stehen-

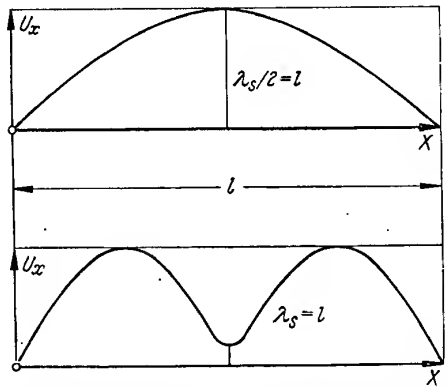


Bild 4 Schlitzspannung U_x über der Schlitzlänge l einer Rohrschlitzantenne (ohne Berücksichtigung der Dämpfung)

den Wellen. Wählt man in Analogie zum $\lambda/2$ - bzw. λ -Dipol die Schlitzwellenlänge λ_s so, daß $\lambda_s/2 = l$ bzw. $\lambda_s = l$ wird, so erhält man die in Bild 4 dargestellten Spannungsverteilungen längs des Schlitzes. Bei Berücksichtigung der Dämpfung verwandelt sich diese stehende Welle jedoch in eine teilweise fortschreitende Welle, so daß für die Darstellung der Spannung ein Vektordiagramm herangezogen werden muß.

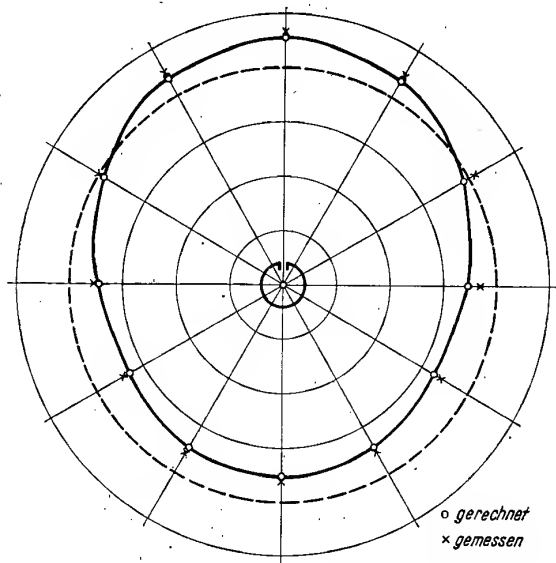


Bild 5 Horizontaldiagramm der Feldstärke einer Rohrschlitzantenne für $D/\lambda = 0,127$

3. Horizontaldiagramm

Die an den Schlitzkanten liegende Spannung U_x ist als Generatorspannung für die einzeln gedachten Elementarrahmen aufzufassen und läßt Kreisströme durch die Rahmenelemente fließen, die das äußere Strahlungsfeld erzeugen. Da der Durchmesser des Rahmens nicht mehr vernachlässigbar klein gegen die Wellenlänge λ ist, ändert dieser Strom längs des Umfangs seine Amplitude

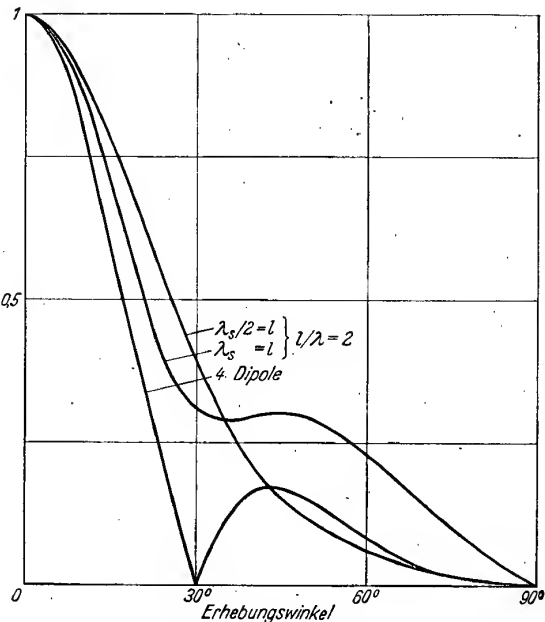


Bild 6 Vertikaldiagramm der Feldstärke einer Rohrschlitzantenne und einer gleich hohen Dipolantenne

und Phasenlage. Das Horizontaldiagramm hängt daher von dem Verhältnis des Rohrdurchmessers D zur Wellenlänge λ ab. Es ist für kleine Durchmesser nahezu rund und zeigt mit D wachsende Abweichung von der Kreisform, wobei die maximale Abstrahlung auf der Schlitzseite stattfindet und das Minimum auf der entgegengesetzten Seite liegt (Bild 5).

4. Vertikaldiagramm

Bei der Berechnung des Vertikaldiagramms eines senkrecht stehenden Dipols integriert man die von den einzelnen Dipolelementen in einem Aufpunkt erzeugten Feldstärken. Bei der Rohrschlitzantenne kann man ähnlich verfahren, indem man die von den einzelnen Rahmenströmen im Aufpunkt P erzeugten Felder integriert. Amplitude und Phase der Ströme ändern sich dabei entsprechend der Verteilung von U_x längs des Schlitzes.

Bild 6 zeigt die Vertikaldiagramme für eine Schlitzlänge von $l/\lambda = 2$ bei Berücksichtigung der Dämpfung. Dabei ist der Schlitz einmal in $\lambda_s/2 = l$ und einmal in $\lambda_s = l$ angeregt. Zum Vergleich ist das Diagramm von vier übereinander angeordneten $\lambda/2$ -Dipolen gezeichnet, welche die gleiche Gesamthöhe besitzen.

Entsprechend der gleichmäßigeren Energieverteilung über die wirksame Antennenhöhe ergeben sich bei Dipolen etwas schärfere Bündelungen, jedoch auch die bekannten Nebenmaxima, welche bei der Rohrschlitzantenne im Falle der $\lambda_s/2$ -Anregung wegen der nach den Schlitzenden abfallenden Erregeramplitude U_x weniger stark auftreten.

Die Phasendrehung der Schlitzspannung längs des Schlitzes läßt bei sehr langen Schlitzen die am Schlitz-

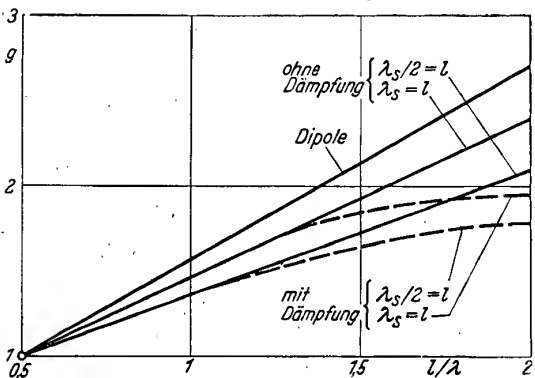


Bild 7 Leistungsgewinn g einer Rohrschlitzantenne in Abhängigkeit von der Schlitzlänge

ende liegende Spannung schließlich in Gegenphase zur Speisespannung kommen. Allgemein macht sich die Phasendrehung durch Verbreiterung des Vertikaldiagramms und Auffüllung der Nulleinzüge bemerkbar. Baut man zur Erhöhung der vertikalen Bündelung mehrere Rohrelemente aufeinander, so erhält man das Vertikaldiagramm der Gesamtanordnung in üblicher Weise durch Multiplikation der Elementcharakteristik mit der Gruppencharakteristik.

5. Gewinnbetrachtung

Berechnet man den Leistungsgewinn g mit Hilfe der in Bild 6 dargestellten Vertikaldiagramme, wobei das Horizontaldiagramm als rund vorausgesetzt wird, so erhält man die in Bild 7 dargestellte Abhängigkeit des Gewinns von der Schlitzlänge. Es zeigt sich das erwartete langsamere Ansteigen des Gewinns mit größeren Schlitzlängen. Da sich mit Schlitzlängen über 2λ keine wesentliche Verbesserung der Fehlanpassung mehr erzielen läßt, ist es unwirtschaftlich und meist auch konstruktiv unmöglich, mit der Schlitzlänge über etwa 2λ zu gehen. Ermittelt man auf die oben geschilderte Weise den Gewinn der Antenne aus mehreren Rohrelementen, so zeigt sich, daß der Gewinn fast linear mit der Elementzahl anwächst.

6. Eingangswiderstand

Zur Berechnung des Eingangswiderstandes R kann man wiederum die normalen Leitungsgleichungen benutzen, wobei sich die Beziehung ergibt

$$R = \frac{3}{2} \cdot Z_0 \gamma \frac{l}{2} \tag{5}$$

Es zeigt sich eine mit dem Verhältnis l/λ wachsende Verschiebung der Werte ins Induktive (Bild 8), was durch den induktiven Charakter des komplexen Wellenwiderstandes

$$Z = \sqrt{j \omega L / (G + j \omega C)} \tag{6}$$

zu erklären ist. Auch dieses Verhalten ist entgegengesetzt dem des Dipols, bei welchem durch kapazitiven Wellenwiderstand

$$Z = \sqrt{(R + j \omega L) / j \omega C} \tag{7}$$

die Werte eine Verschiebung ins Kapazitive erfahren.

7. Breitbandigkeit

Bei allen bisherigen Betrachtungen wurde immer nur der Betrieb der Antenne mit einer Wellenlänge λ diskutiert. Überlegt man sich die günstigste Lage dieser Wellenlänge, so kommt man zu dem Ergebnis, daß eine Anregung des Schlitzes in λ_s -Resonanz ($\lambda_s = l$) sowohl in bezug auf Bündelung des Vertikaldiagramms als auf den maximalen Gewinn den Vorzug verdient. Außerdem bringt dieses den Vorteil eines niedrigen Eingangswiderstandes in der Größenordnung der coaxialen Speiseführung, so daß keine großen Transformationen vorgenommen werden müssen. Muß nun ein Wellenband überstrichen werden, so wird man von dieser Bezugswelle λ_1 aus nach längeren Wellen hin gehen, bei welchen sich nach Bild 3 die Schlitzwellenlänge λ_s vergrößert, so daß der Schlitz schließlich in $\lambda_s/2$ -Resonanz gerät. Daß es unzuweckmäßig ist, über diesen Punkt hinauszugehen, wurde bereits bei der Berechnung des Vertikaldiagramms erläutert.

In Bild 8 ist eine Kurvenschar $R = R + jX = f(l)$ mit der Schlitzlänge l/λ_1 als Parameter dargestellt. Die Widerstandswerte für $\lambda_s/2$ - und λ_s -Resonanz des Schlitzes werden durch die Endpunkte der Kurven bezeichnet. Es zeigt sich der erwartete Parallelkreischarakter für $\lambda_s/2$ -Anregung und Reihenkreischarakter für λ_s -Anregung. Die Übereinstimmung zwischen den gerechneten und gemessenen Werten ist sehr gut. Die Bezugswellenlänge λ_1 muß bei kleinerer Schlitzlänge und sonst gleichen mechanischen Abmessungen der Antenne zwangsläufig so weit niedriger rücken, bis λ_s nach Bild 3 wieder gleich der neuen Schlitzlänge ist. Der interessierende Wellenbereich $\Delta\lambda$ zwischen λ_s - und $\lambda_s/2$ -Anregung gleitet also mit Verkürzung der Schlitzlänge nach kleineren Werten hin.

Im übrigen bekommen die Ortskurvenschleifen mit wachsender Schlitzlänge l/λ_1 einen kleineren Durchmesser, bzw. es rücken die Widerstandswerte für $\lambda_s/2$ - und λ_s -Resonanz des Schlitzes näher zusammen. Dieses liegt daran, daß die Gesamtdämpfung $\beta_s \cdot l/2$ mit wachsender Schlitzlänge ebenfalls wächst, was auch bei einem durch Verdickung bedämpften Dipol zu einer Angleichung der Widerstände von $\lambda/2$ - und λ -Resonanz führt.

Man hat also durch Wahl entsprechend großer Schlitzlängen ein Mittel in der Hand, die Widerstandswerte für den Bereich der $\lambda_s/2$ - bis λ_s -Resonanz so weit zusammenzuziehen, daß sie in den für die Antenne vorgesehenen Fehlanpassungskreis fallen. Dabei wird nun zwar mit wachsender Schlitzlänge die Fehlanpassung kleiner, jedoch wird auch der überstrichene Wellenbereich prozentual zur Bezugswelle λ_1 gesehen kleiner, was aus Bild 8 erhellt.

Es gibt demnach für jeden Wellenbereich eine optimale Schlitzlänge l_m , bei welcher der Wellenbereich mit dem zulässigen Bereich zwischen λ_s und $\lambda_s/2$ -Anregung identisch wird und die Fehlanpassung das erreichbare

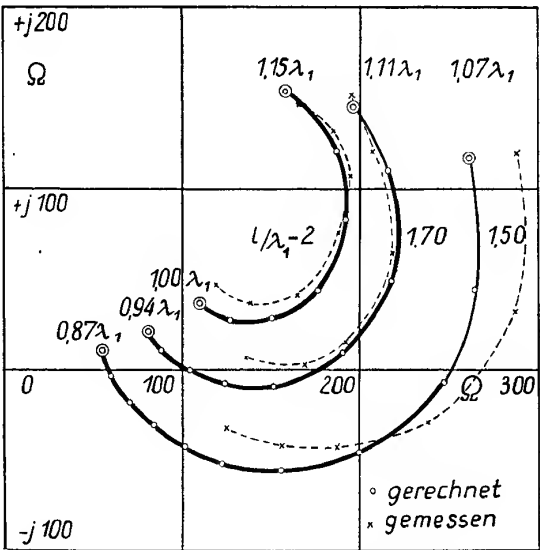


Bild 8 Fußpunktswiderstand einer Rohrschlitzantenne in Abhängigkeit von Wellenlänge und Schlitzlänge

Minimum aufweist. Wählt man den Schlitz kürzer, so wird die Fehlanpassung größer, wie sich aus den in Bild 8 stark gezeichneten Kurventeilen gleicher Bandbreite ergibt. Wählt man den Schlitz länger, so wird zwar die Fehlanpassung kleiner, jedoch der Wellenbereich zu klein. Es lassen sich also keine beliebig großen Wellenbereiche bei beliebig kleiner Fehlanpassung überstreichen. Die im UKW-Rundfunkbereich (87 ... 100 MHz) geforderte Bandbreite von 15 % läßt sich gerade bei einer Fehlanpassung von $m \leq 1,3$ erreichen. Die Beziehung zwischen optimaler Schlitzlänge l_m und gefordertem Wellenbereich $\Delta\lambda$ wurde berechnet und ist in Bild 9 dargestellt. Sie gibt die grundlegende Dimensionierungsbeziehung für Breitband-Schlitzantennen wieder.

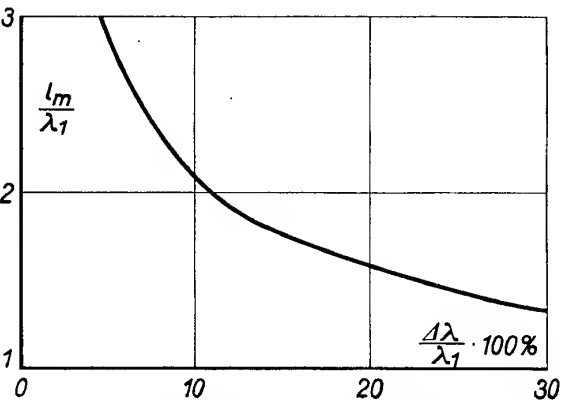


Bild 9 Optimale Schlitzlänge einer Rohrschlitzantenne in Abhängigkeit vom geforderten Wellenbereich

Die Auslegung einer Breitbandantenne geht also von der maximalen Schlitzlänge aus, die für den geforderten Wellenbereich $\Delta\lambda$ aus Bild 9 zu ermitteln ist. Mit $\lambda = \lambda_1$ und $\lambda_s = l_m$ erhält man dann aus Bild 3 die Grenzwellenlänge λ_G , mit der wiederum die Abmessungen D , b und s festliegen.

Schrifttum

[1] H. B. Booker: Slot Aerials and their Relation to Complementary Wire Aerials. Journal I. E. E. 1946, 93, Part. III A, p. 620.
[2] H. H. Meinke: Schlitzantennen. Das Elektron.
[3] I. W. Crompton: Impedance-Frequency Characteristics of some slot Aerials. Proc. I. E. E. 97, Part. III, Jan. 1950.
[4] R. F. Holz: Characteristics of the Pylon FM Antenna, FM and Television, Sept. 1946.

Die Ringspaltantenne

Von W. Kloepfer

Es gibt Fälle, in denen man an Fahrzeugen Antennen, insbesondere UKW-Antennen anbringen will, die äußerlich nicht in Erscheinung treten. Es werden Antennenformen angestrebt, welche möglichst bündig in der Außenhaut des Fahrzeuges liegen und die Eigenschaften einer z. B. rundstrahlenden Stabantenne besitzen. Eine solche Antennenform stellt die Ringspaltantenne dar, deren technische Eigenschaften im folgenden näher betrachtet werden sollen.

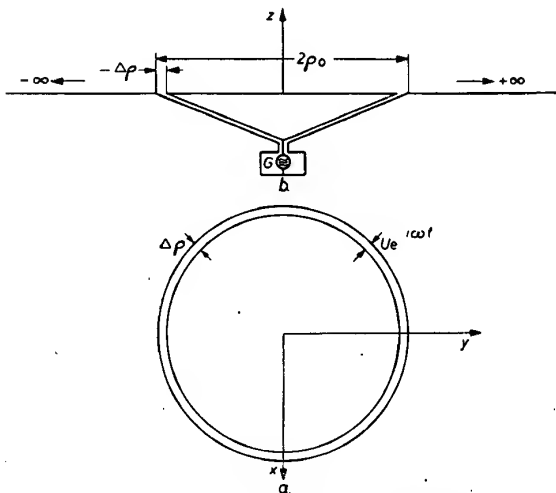


Bild 1 Anordnung der Ringspaltantenne in der unendlichen Ebene

Der rechnerischen Untersuchung der Ringspaltantenne liegt die in Bild 1 gezeigte Anordnung zugrunde. Aus einer unendlich ausgedehnten, vollkommen leitenden Ebene sei ein Spalt durch zwei benachbarte, konzentrische Kreise ausgeschnitten. Zwischen den Ufern des Spaltes wirke eine radial gerichtete, erregende Wechselfspannung, die in Betrag und Phase längs des ganzen Spaltes denselben Wert habe. Die Apparatur, die die erregende Spannung liefert, denken wir uns auf der anderen Seite der Ebene angebracht. Die Speisung des Spaltes kann z. B. über eine trichterförmig erweiterte Energieleitung, wie im oberen Bild gezeichnet, erfolgen. Die Scheibe

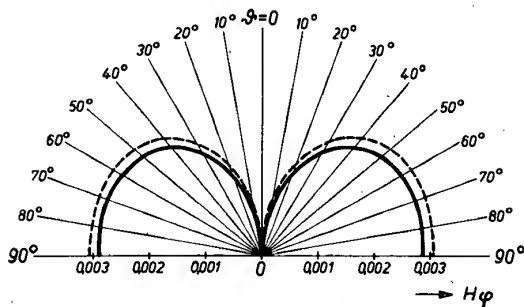


Bild 2 Strahlungsdiagramm der magnetischen Feldstärke
--- Spaltbreite $\Delta p_0 = 0$
— Spaltbreite $\Delta p_0 = 0,1 e_0$ } $\left(\frac{2 \pi e_0}{\lambda} = 2 \right)$

und die unendliche Ebene denken wir uns in der x, y-Ebene liegend; dann wird die Strahlung in den durch positive z gegebenen Halbraum erfolgen.

Im vorliegenden Fall muß die Tangentialkomponente der elektrischen Feldstärke auf der Scheibe und der unendlichen Ebene mit Ausnahme des Speisespaltes gleich Null sein, da wir unendliche Leitfähigkeit vorausgesetzt

haben. Im Speisespalt ist die erregende Feldstärke durch die erregende Spannung gegeben.

Da das Feld im Spalt radialsymmetrisch angenommen wurde, wird auch das ausgestrahlte elektromagnetische Feld gewisse Symmetrieeigenschaften aufweisen. Allgemein läßt sich aussagen, daß die H-Linien in Kreisen um die z-Achse herumlaufen, während jede E-Linie in einer Ebene durch die z-Achse liegt. Eine strahlende Kreisscheibe wird sich daher ähnlich wie eine zur Scheibenebene senkrechte Linearantenne verhalten. Darin liegt die Bedeutung der Kreisscheibenantenne. Eine horizontale Kreisscheibenantenne stellt einen vertikal polarisierten Rundstrahler dar, der keinerlei vertikale Abmessungen besitzt.

Die rechnerische Behandlung der Ringspaltantenne zeigt, daß sich die Strahlung aus einer unendlichen Folge von Partialschwingungen zusammensetzt, deren Amplituden durch die erregende Spannung, die erregende Frequenz und die Spaltbreite gegeben sind. Als Parameter, der die Frequenz der erregenden Spannung berücksichtigt, ergibt sich das Verhältnis Scheibenumfang zu Wellenlänge. Dieser Parameter ist in den folgenden Abbildungen mit $\frac{2 \pi a_0}{\lambda}$ bezeichnet. Darin bedeuten a_0 den Radius der Scheibe und λ die Wellenlänge im freien Raum.

Zur Beurteilung des Verhaltens der Ringspaltantenne wurden folgende Werte in Abhängigkeit von der Frequenz der erregenden Spannung berechnet:

- 1. das Strahlungsdiagramm in großer Entfernung,
- 2. die Stromverteilung auf der Scheibe und der umgebenden Ebene und
- 3. der Wirk- und Blindleitwert am Speisespalt bzw. die Ortskurve des Scheinwiderstandes am Spalt.

Die Breite des Speisespaltes wurde dabei als endlich angenommen. Die Berücksichtigung der Breite des Speisespaltes ist bei allen Antennenproblemen von Bedeutung, denn der Speisespalt liefert die gesamte von der Antenne abgestrahlte Energie. Der übrige Teil der Antenne dient nur dazu, die Abstrahlung der Energie in den freien Raum zu dirigieren.

Von den numerischen Ergebnissen soll zunächst die Strahlungsverteilung in großen Entfernungen betrachtet werden. Bild 2 zeigt das vertikale Strahlungsdiagramm der magnetischen Feldstärke für ein Verhältnis Scheibenumfang zu Wellenlänge gleich 2. Es ist die magnetische Feldstärke H_φ in Abhängigkeit vom Polabstandswinkel ϑ aufgetragen. Die strahlende Scheibe haben wir uns dabei in einer Ebene senkrecht zur Bildfläche liegend zu denken. Die größte Feldstärke tritt in Richtung der Scheibenebene für $\vartheta = 90^\circ$ auf. Das Diagramm zeigt große Ähnlichkeit mit dem Strahlungsdiagramm einer zur Scheibenebene senkrechten, kurzen Linearantenne. Die ausgezogene Kurve gilt für eine Spaltbreite von 10 % des Scheibenhalmessers, die gestrichelte Kurve für Spaltbreite Null; der Einfluß der Spaltbreite auf das Strahlungsdiagramm ist also gering.

Bild 3 zeigt das Strahlungsdiagramm von H_φ für ein Verhältnis Scheibenumfang zu Wellenlänge gleich 6. Es tritt mit wachsender Frequenz entsprechend der Anregung der Scheibe in Oberschwingungen eine Aufblähtung des Diagramms analog wie bei einer in Oberschwingungen erregten Linearantenne ein. Die Strahlungsintensität in der Scheibenebene nimmt dabei ab. Die ausgezogene Kurve gilt wieder für eine Spaltbreite gleich 10 % des Scheibenhalmessers, die gestrichelte Kurve für Spaltbreite gleich Null. Der Einfluß der Spaltbreite auf das Strahlungsdiagramm ist für diese Frequenz noch relativ gering.

Anlegen einer endlichen Spannung an einen unendlich schmalen Spalt infolge der vollkommenen Leitfähigkeit ein unendlich großer Strom fließen muß. Dies drückt sich in der mathematischen Behandlung dadurch aus, daß die

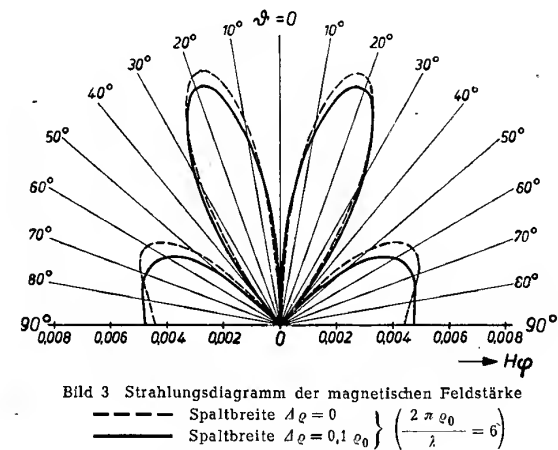


Bild 3 Strahlungsdigramm der magnetischen Feldstärke
--- Spaltbreite $\Delta \rho = 0$
— Spaltbreite $\Delta \rho = 0,1 \rho_0$ $\left\{ \left(\frac{2 \pi \rho_0}{\lambda} = 6 \right) \right.$

In Bild 4 ist das Strahlungsdigramm für ein Verhältnis Scheibenumfang zu Wellenlänge gleich 10 gezeichnet. Die Aufbläherung des Diagramms nimmt mit steigender Frequenz weiter zu. Die größten Feldstärkewerte treten nicht mehr in der Scheibenebene, sondern in verhältnismäßig kleinen Polabstandswinkeln auf. Der Einfluß der Spaltbreite nimmt mit steigender Frequenz zu, wie aus dem Vergleich der ausgezogenen Kurve und der gestrichelten Kurve für Spaltbreite Null ersichtlich ist. Aus der magnetischen Feldstärke auf der Oberfläche der Scheibe und der unendlichen Ebene folgt die Stromdichte und aus dieser der Flächenstrom.

In Bild 5 ist die Verteilung des Wirk- und des Blindstromes auf der Scheibe und der umgebenden Ebene für ein Verhältnis Scheibenumfang zu Wellenlänge gleich 2 dargestellt. Die Spaltbreite ist zu 10 % des Halbmessers angenommen. Als Abszisse ist das Verhältnis $\frac{\rho}{\rho_0}$ aufgetragen.

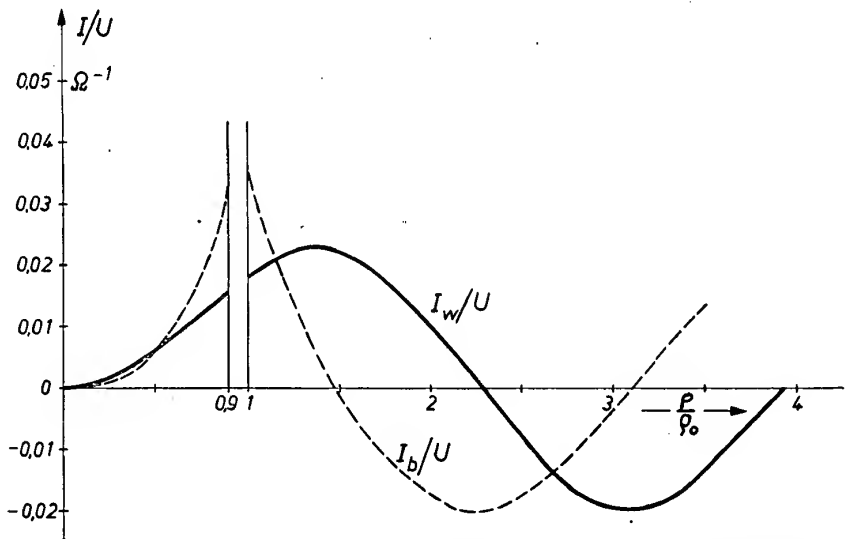


Bild 5 Verteilung des Wirkstromes (—) und Blindstromes (---) auf der unendlichen Ebene der Ringspaltantenne. $\left(\Delta \rho = 0,1 \rho_0; \frac{2 \pi \rho_0}{\lambda} = 2 \right)$

gen, wobei ρ den Radius eines beliebigen Kreises und ρ_0 den Scheibenradius bedeuten. Im Mittelpunkt der Scheibe ist der Strom Null und nimmt nach dem Scheibenrand stetig zu. Der Wirkstrom setzt sich über den Speisespalt hinweg stetig auf die unendlich ausgedehnte Ebene fort. Die Verteilung des Blindstromes zeigt am Speisespalt unsteten Verlauf. Der Wert des Blindstromes hängt stark von der Spaltbreite ab; er wird um so größer, je schmäler der Spalt ist, und wird für Spaltbreite Null unendlich. Dies ist physikalisch verständlich, da ja beim

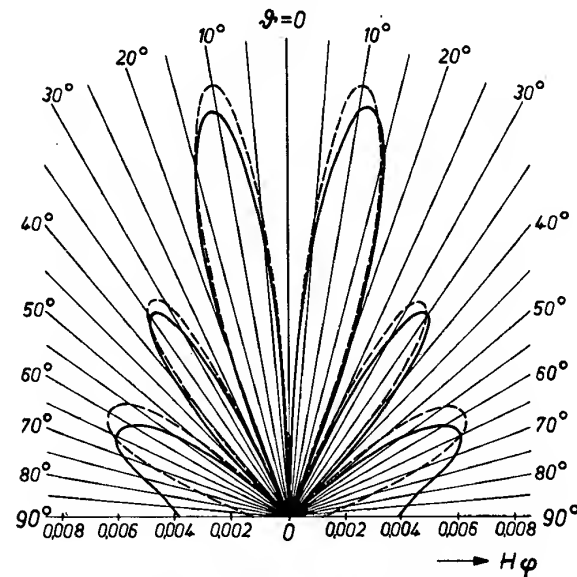


Bild 4 Strahlungsdigramm der magnetischen Feldstärke
--- Spaltbreite $\Delta \rho = 0$
— Spaltbreite $\Delta \rho = 0,1 \rho_0$ $\left\{ \left(\frac{2 \pi \rho_0}{\lambda} = 10 \right) \right.$

Reihen für den Blindstrom mit abnehmender Spaltbreite immer langsamer konvergieren und schließlich für die Spaltbreite Null divergieren.

Die Berechnung der Stromverteilung auf der Scheibe liefert uns den Wirk- und den Blindstrom am inneren

Spalttrand. Aus beiden und der erregenden Spannung am Spalt folgen der Wirk- und der Blindleitwert am Speisespalt, auf die der Generator angepaßt werden muß. Führen wir diese Rechnung für den Wirkstrom durch, so kommen wir auf den im Bild 6 dargestellten Verlauf des Wirkleitwertes am Speisespalt. In Bild 6 ist der Wirkleitwert in Siemens über der Größe $\frac{2 \pi \rho_0}{\lambda}$ für die Spaltbreiten Null und 10 % dargestellt. Für niedrige Frequenzen ist der Einfluß der Spaltbreite gering und nimmt

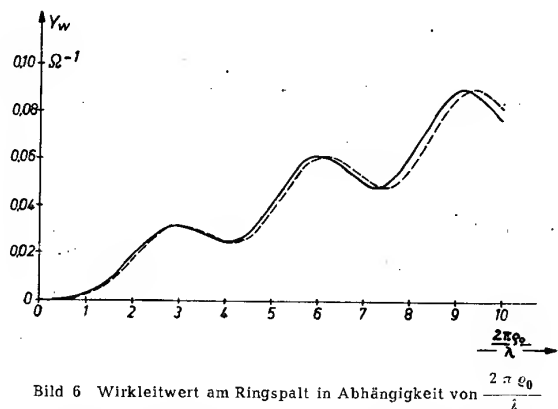


Bild 6 Wirkleitwert am Ringspalt in Abhängigkeit von $\frac{2 \pi \epsilon_0}{\lambda}$

mit steigender Frequenz zu. Der wellenförmige Verlauf der Wirkleitwertkurven kommt durch die Überlagerung der zu den einzelnen Partialschwingungen gehörenden Wirkleitwertkurven zustande.

Führen wir die analoge Rechnung für den Blindleitwert durch, so kommen wir zu dem in Bild 7 dargestellten Verlauf des Blindleitwertes.

Es ist der Blindleitwert über dem Verhältnis Scheibenumfang zu Wellenlänge für 10 %, 5 % und 2 % Spaltbreite aufgetragen. Die Kurven verlaufen mit abnehmender Spaltbreite immer steiler und würden sich bei der Spaltbreite Null mit der Ordinatenachse decken, d. h. der Blindleitwert würde unendlich werden. Eine genauere Untersuchung der Reihenentwicklung für den Blindleitwert ergibt, daß dieser außer von der Frequenz und der

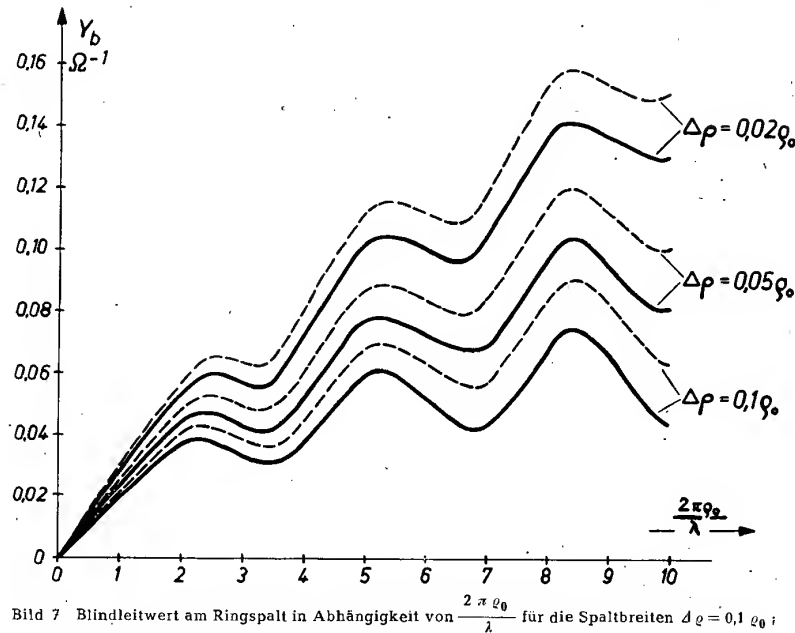


Bild 7 Blindleitwert am Ringspalt in Abhängigkeit von $\frac{2 \pi \epsilon_0}{\lambda}$ für die Spaltbreiten $\Delta \rho = 0,1 \epsilon_0$; $\Delta \rho = 0,05 \epsilon_0$; $\Delta \rho = 0,02 \epsilon_0$; --- scharfkantige Spaltränder; ——— homogene Feldverteilung im Spalt

Spaltbreite auch von der Feldverteilung im Speisespalt abhängt. Es wurde daher der Einfluß der Feldverteilung im Spalt für zwei Extremfälle betrachtet. Die ausgezogenen Kurven sind für homogene Feldverteilung, die gestrichelten Kurven für scharfkantige Spaltränder berechnet. Der tatsächliche Verlauf der Blindleitwertkurven wird also bei der trichterförmigen Speiseleitung zwischen den ausgezogenen und gestrichelten Kurven, die zu einer festen Spaltbreite gehören, liegen.

Aus den Wirk- und Blindleitwerten am Speisespalt folgt durch Bildung des reziproken Wertes des Scheinleitwertes der Scheinwiderstand, auf den der Generator

anzupassen ist. Bild 8 zeigt den Speisespalt-Scheinwiderstand in der komplexen Ebene für verschiedene Spaltbreiten und homogene Feldverteilung im Spalt. Die rechte Kurve gilt für 10 %, die mittlere Kurve für 5 % und die linke Kurve für 2 % Spaltbreite. Die Kurven laufen für niedrige Frequenzen nach $-i = \infty$ und liegen für alle Frequenzen im kapazitiven Teil der komplexen Ebene. Charakteristisch ist die Schleifenbildung. In den Schleifengebieten ändert sich der Scheinwiderstand nur wenig mit der Frequenz; die Ringspaltantenne verhält sich in diesen Gebieten breitbandig. Es sei hier an den wellenförmigen Verlauf der Wirk- und Blindleitwertkurven erinnert (Bild 6 und 7). Jedem Maximum mit darauffolgendem Minimum dieser Kurven entspricht in der Ortskurve eine Schleife. Gemäß der unendlichen Zahl von Schwingungsformen gibt es eine große Zahl von Schleifengebieten.

Die Ringspaltantenne verhält sich für alle Frequenzen kapazitiv. Dieser Blindwiderstand kann durch Überbrücken des Speisespalt durch Induktivitäten für eine mittlere Frequenz des gewünschten Frequenzbandes kompensiert werden. Führt man diese Kompensation durch,

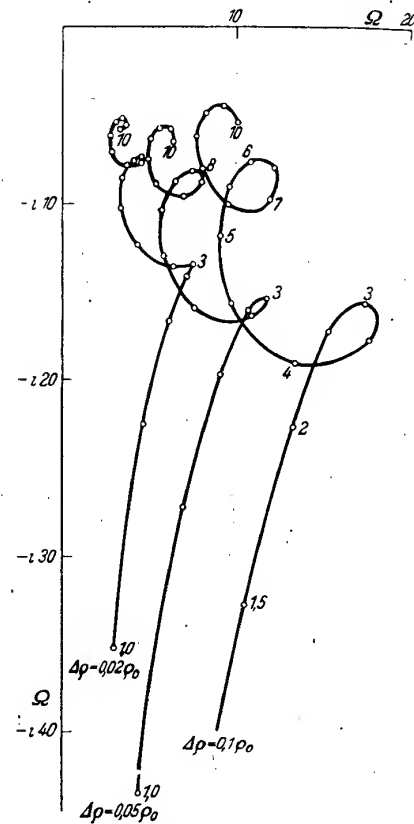


Bild 8 Ortskurve des Speisespalt-Scheinwiderstandes der Ringspaltantenne. Spaltbreite $\Delta \rho = 0,1 \epsilon_0$ rechte Kurve, Spaltbreite $\Delta \rho = 0,05 \epsilon_0$ mittlere Kurve, Spaltbreite $\Delta \rho = 0,02 \epsilon_0$ linke Kurve; homogene Feldverteilung

so stellt z. B. eine Ringspaltantenne mit einem Verhältnis Scheibenumfang zu Wellenlänge $\frac{2 \pi \epsilon_0}{\lambda} = 2$ einen Widerstand von 60 Ohm am Spalt dar.

Da sich die Ringspaltantenne in der unendlichen Ebene praktisch nicht verwirklichen läßt, wurde der Einfluß einer endlichen Ausdehnung der leitenden Ebene außerhalb des Spaltes untersucht. Bild 9 zeigt die betrachtete Anordnung. Aus einem sehr flachen, abgeplatteten Sphäroid denken wir uns wie im Fall der unendlichen Ebene durch zwei benachbarte konzentrische Kreise einen Spalt ausgeschnitten und über eine trichterförmige Energie-

leitung vom Generator gespeist. Energieleitung und Generator sollen dabei im Innern des Sphäroids untergebracht sein, um Feldstörungen zu vermeiden. Durch die nach Betrag und Phase gleichförmig über den Umfang des Spaltes verteilte Wechselspannung $Ue^{i\omega t}$ wird das Sphäroid zu Schwingungen angeregt. Läßt man das Sphäroid immer dünner und dünner werden, so ergibt

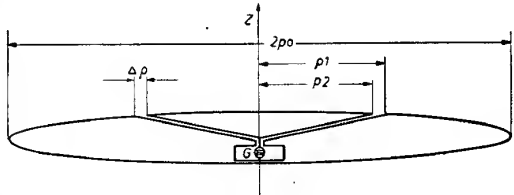


Bild 9 Anordnung des Ringspaltes im flachen Sphäroid

sich als Grenzfall eine Kreisscheibe endlicher Ausdehnung, die auf einer Seite längs eines kreisförmigen konzentrischen Spaltes gespeist wird. Läßt man den Radius der Kreisscheibe beliebig groß werden, so kommt man auf das erstgenannte Problem zurück.

Die Grenzbedingung auf dem Sphäroid lautet: Tangentialkomponenten der elektrischen Feldstärke gleich Null, mit Ausnahme des Speisespaltes, in dem die erregende Feldstärke vorgeschrieben ist. Die Strahlung der endlichen Scheibe erfolgt infolge der endlichen Ausdehnung in den ganzen umgebenden Raum.

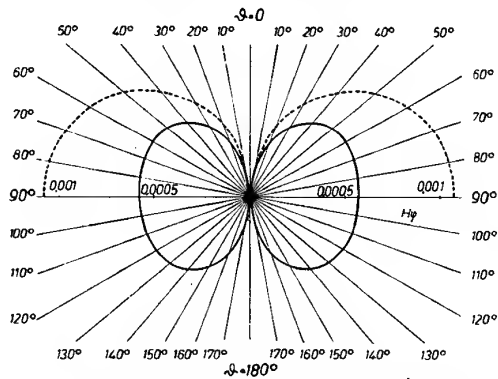


Bild 10 Strahlungsdiagramm der magnetischen Feldstärke
— Ringspalt im flachen Sphäroid; $\frac{2\pi\epsilon_0}{\lambda} = 1$;
..... Ringspaltantenne in unendlicher Ebene $\frac{2\pi\epsilon_0}{\lambda} = 1$

Für die Ringspaltantenne in der endlichen Ebene wurde die Strahlungsverteilung für zwei Durchmesser- verhältnisse der Außenscheibe zur Innenscheibe berechnet und mit dem Fall der Scheibe in der unendlichen Ebene verglichen. In Bild 10 ist das Strahlungsdiagramm für ein Verhältnis Außendurchmesser zu Innendurchmesser gleich 2 dargestellt; die Wellenlänge ist dabei gleich dem Umfang der Innenscheibe gewählt. Die ausgezogene Kurve zeigt das Strahlungsdiagramm, das dem Diagramm eines Dipols senkrecht zur Scheibenebene entspricht. Zum Vergleich ist als punktierte Kurve das Strahlungsdiagramm der Ringspaltantenne in der unendlichen Ebene eingezeichnet. Für beide Kurven ist dasselbe Verhältnis Umfang zu Wellenlänge angenommen und dieselbe erregende Spannung am Spalt zugrunde gelegt. Bei einem Durchmesser- verhältnis von 1:2 wird

das Feld noch vollkommen um den Rand der Außenscheibe gebeugt.

Das Bild 11 zeigt uns die analogen Diagramme für ein Durchmesser- verhältnis der Außenscheibe zur Innenscheibe gleich 4. Die Frequenz ist dieselbe wie bei dem vorigen Bild. Es ergibt sich, daß die Beugung des Feldes um die Scheiben- kante mit zunehmendem Durchmesser- verhältnis abnimmt. Die Hauptstrahlung erfolgt nach der Seite, auf der sich der Spalt befindet. Physikalisch entspricht diesem Verhalten der Übergang des Strahlungs- diagramms der endlichen Scheibe in das Strahlungs- diagramm der Ringspaltantenne in der unendlichen Ebene. Würde das Durchmesser- verhältnis weiter vergrößert werden, so würde sich für beide Fälle dasselbe Strahlungs- diagramm ergeben.

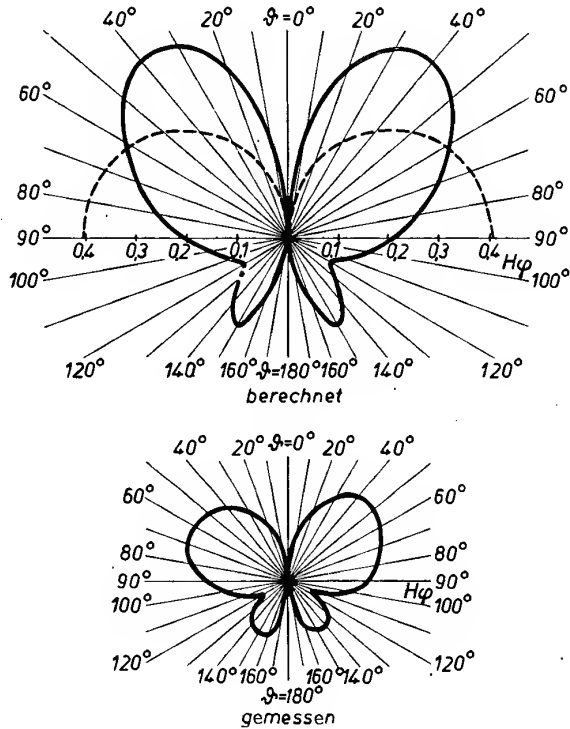


Bild 11
Oben: Strahlungsdiagramm der magnetischen Feldstärke
— Ringspalt im flachen Sphäroid; $\epsilon_0 = 4\epsilon_1$; $\frac{2\pi\epsilon_1}{\lambda} = 1$;
..... Ringspalt in unendlicher Ebene $\frac{2\pi\epsilon_0}{\lambda} = 1$
Unten: Strahlungsdiagramm einer Ringspaltantenne in einem Autodach nach Modellmessungen von Rhodes

Die vorliegende Untersuchung der Strahlung der endlichen Ringspaltantenne hat eine meßtechnische Bestätigung durch Modellmessungen von Rhodes¹ gefunden. Rhodes untersuchte das Strahlungsdiagramm einer in ein Autodach eingebauten Kreisscheibenantenne in einer Modell- anordnung. Das gemessene Diagramm ist in Bild 11 unten dargestellt. Die Übereinstimmung des berechneten und gemessenen Diagramms ist als gut zu bezeichnen.

¹ D. R. Rhodes: Flush-Mounted Antenna for Mobile Application, Electronics, March, 1949.
J. Meixner W. Kloeppfer, Theorie der ebenen Ringspalt- antenne. Zeitschr. f. angew. Physik, 3. Band, 5. Heft, 1951, S. 171/178.

Gruppe M I — Meßgeräte

Einführung

Von H. Toeller

In Anbetracht der wachsenden Bedeutung der Meßtechnik und der großen Anzahl eingereichter Fachberichte wird in diesem Jahr die Meßtechnik in drei Vortragsgruppen behandelt. Die erste Gruppe, die heute zur Diskussion steht, umfaßt im wesentlichen die elektrischen Meßwerke und elektrische Meßeinrichtungen, die zweite Gruppe elektrische Zähler und Wandler und die dritte Gruppe Meßgeräte und Meßverfahren für spezielle Anwendungszwecke.

Als Einführender der ersten Gruppe möchte ich einige Worte zu der heutigen Situation auf dem Meßgerätegebiet sagen.

Die elektrischen Meßwerke sind bekanntlich in ihren Urformen schon fast so alt wie unsere Kenntnis von der Elektrizität überhaupt. Es kann deshalb auch nicht erwartet werden, daß elektrische Meßwerke mit grundsätzlich neuer Wirkungsweise auftauchen. Bemerkenswert ist aber, daß Meßwerke, die früher in den physikalischen Laboratorien eine große Rolle gespielt haben, dann aber fast in Vergessenheit geraten sind, heute als handliche Betriebsgeräte mit Lichtmarkenablesung wieder auftauchen, wie z.B. das Quadrantelektrometer und das Schlingenelektrometer. Beide sind wegen ihrer geringen Kapazität als einfache und zuverlässige Meßgeräte zur Messung sehr hochfrequenter Spannungen wieder geschätzt.

Die Entwicklungsarbeit auf dem Gebiet der elektrischen Meßgeräte hat heute in erster Linie das Ziel, die Herstellung durch einfache und toleranzunempfindliche Konstruktionen zu verbilligen und die Geräte mehr als bisher den Betriebsbedingungen anzupassen, um dadurch genaue Messungen auch noch beim Auftreten verschiedenartigster Störeinflüsse zu gewährleisten.

Die Anzeigegegenauigkeit der Präzisionsgeräte war schon bisher — zumindest bei Abwesenheit von Störeinflüssen — so groß, daß eine weitere Steigerung nicht notwendig bzw. nicht sinnvoll wäre. Ich darf daran erinnern, daß Drehspulgeräte und Elektrodynamometer schon seit mehreren Jahrzehnten mit einer Eichtoleranz von 0,1 % geliefert werden und daß Dreheisengeräte mit einer Toleranz von 0,1—0,2 % für Gleich- und Wechselstrom schon seit über einem Jahrzehnt bekannt sind.

Das Problem besteht also heute hauptsächlich darin, diese hohe Genauigkeit auch bei äußeren Störeinflüssen noch garantieren zu können. Als solche seien genannt der Einfluß der Raumtemperatur, von magnetischen Fremdfeldern, von mechanischen Stößen oder von dauernden Erschütterungen. Unter diesem Gesichtspunkt finden heute bei den elektrischen Meßgeräten einige Konstruktionsprinzipien bevorzugt Anwendung, die an sich durchaus nicht neu sind. Es ist dies der Lichtzeiger bei tragbaren und bei Schalttafelmeßgeräten, der den Gütegrad, die Einstellzeit und teilweise noch andere Eigenschaften verbessert. Außerdem ist es durch Anordnung mehrerer Lichtzeiger mittels eines mehrflächigen Spiegels möglich, die Skalenlänge und damit die Ablesegenauigkeit wesentlich zu vergrößern.

Eine weitere konstruktive Maßnahme bezieht sich auf den Schutz gegen magnetische Fremdfelder. Hier gewinnt die magnetische Abschirmung immer mehr gegenüber der astatischen Anordnung an Boden, einmal weil ja die störenden Fremdfelder von elektrischen Strömen herühren und daher stark inhomogen sind und außerdem weil bei Dreheisenmeßwerken eine astatische Anordnung auch bei homogenen Feldern nur beschränkt wirksam ist.

Schließlich sei als konstruktiver Gesichtspunkt noch herausgestellt, daß die Spannbandlagerung gegenüber der Spitzenlagerung einen immer breiteren Raum einnimmt. Die Spannbandlagerung ist, wie alle Dinge in der elektrischen Meßtechnik, zwar schon seit langem bekannt und besonders bei tragbaren Lichtmarkengalvanometern zur Anwendung gekommen. Bemerkenswert ist aber, daß neuerdings die Spannbandlagerung auch bei tragbaren Vielfachmeßgeräten und bei Schalttafelgeräten Eingang gefunden hat, weil es gelungen ist, diese Meßwerke in einem Maße schlagsicher zu machen, wie es bei Spitzenlagerung kaum möglich ist.

Neben diesen konstruktiven Gesichtspunkten steuern auch die Fortschritte bei den Bauelementen der elektrischen Meßtechnik nicht unwesentlich dazu bei, entweder die Fertigung der Meßwerke zu verbilligen oder aber ihre Genauigkeit zu verbessern. Dank den heute zur Verfügung stehenden Magnetmaterialien mit hohem Energieinhalt ist es möglich, den Aufbau der Drehspul- und Drehmagnetmeßwerke weitgehend zu vereinfachen. Das Kernmagnetsystem, das schon vor zwanzig Jahren in amerikanischen Patentschriften beschrieben wurde, führt sich bei allen Drehspulmeßwerken, an die keine höchsten Anforderungen gestellt werden, immer mehr ein. Es ist aber abwegig, den Kernmagnet als dem Außenmagnet grundsätzlich überlegen anzusehen. Vielmehr wird sich der Außenmagnet bei geforderter hoher Normalempfindlichkeit und hoher Konstanz auch weiter behaupten, wie neuere Präzisionsdrehspulgeräte beweisen.

Die Frage der Konstanz der Magnete konnte im vergangenen Jahr dank der finanziellen Unterstützung der meisten deutschen Meßgerätefirmen durch die Untersuchungen in Clausthal-Zellerfeld weiter geklärt werden. Es hat sich bei der Untersuchung gezeigt, daß bei Magneten mit martensitischem Gefüge ein grundsätzlich anderer Alterungsvorgang als bei Magnetlegierungen mit Ausscheidungshärtung vor sich geht und infolgedessen auch verschiedenartige Stabilisierungsverfahren notwendig sind. Darüber hinaus hat sich gezeigt, daß die Legierungen mit Ausscheidungshärtung besonders in Sinterform für Präzisionsdrehspulgeräte hervorragend geeignet sind.

Auch die Fortschritte auf dem Gebiet der weichmagnetischen Legierungen macht sich die Meßgeräteindustrie zunutze, wenn auch bei den modernsten Legierungen leider mit der Verringerung der Koerzitivkraft gleichzeitig eine Verringerung der Maximalinduktion verbunden ist. Unter den Trockengleichrichtern er-

langt die Germaniumdiode eine erhöhte Bedeutung, weil mit ihr infolge ihrer kleinen Kapazität Messungen bis zu sehr hohen Frequenzen möglich sind. Bei schnell-schwingenden Meßwerken dürfte die Flüssigkeitsdämpfung wieder mehr Beachtung finden, seitdem man in den Silikonölen Dämpfungsflüssigkeiten gefunden hat, deren Viskosität genügend temperaturunabhängig ist. In den Silikonlacken und modernen Gießharzen stehen uns heute dem Bernstein gleichwertige Isolatoren zur Verfügung, die wegen ihrer wasserabstoßenden Eigenschaft auch einen ganz hervorragenden Oberflächenwiderstand aufweisen.

Neben den elektrischen Meßwerken ist heute eine große Anzahl von Meßeinrichtungen vorzufinden, die jeweils ganz bestimmten Meßaufgaben angepaßt sind. An dieser Stelle seien zunächst die zahlreichen Verstärker genannt, die vielfach an die Stelle der hochempfindlichen Meßwerke treten. Während in Amerika Meßeinrichtungen und Verstärker bevorzugt werden, die kein Meßwerk besitzen, hat sich in Deutschland der Verstärker in der Form des selbsttätigen Lindeck-Rothe-Kompensators wegen seines einfachen Aufbaues durchgesetzt.

Außer diesen universell anwendbaren Meßverstärkern hat die Industrie eine große Reihe von Meßvorrichtungen für die verschiedenartigsten Anwendungszwecke neu geschaffen. Sie zeichnen sich alle dadurch aus, daß auch bei komplizierter Wirkungsweise ihre Handhabung so einfach wie möglich gestaltet worden ist. Je weniger Denkarbeit bei der Benutzung solcher Meßeinrichtungen notwendig ist, um so rationeller kön-

nen Betriebsmessungen durchgeführt werden und um so weniger hochqualifiziertes Personal ist erforderlich. Das Bestreben, die Denkarbeit nur ein einziges Mal im Entwicklungslaboratorium einer Meßgerätefirma aufzubringen und dann die Meßeinrichtungen „narrensicher“ zu gestalten, ist ein Gesichtspunkt, der auch bei zukünftigen Entwicklungen aus Gründen der Wirtschaftlichkeit gar nicht genug herausgestellt werden kann.

Die Entwicklungsarbeit auf dem Gebiet der elektrischen Meßgeräte vollzieht sich naturgemäß nicht ohne einen ständigen Vergleich mit der Entwicklung im Ausland. Während auf dem Gebiet der wärmetechnischen Betriebsüberwachungseinrichtungen — die hier im Rahmen des VDE weniger von Interesse sind — in Amerika zweifellos ein gewisser Vorsprung zu beobachten ist, dürfte auf dem Gebiet der elektrischen Meßwerke und der rein elektrischen Meßeinrichtungen der Entwicklungsstand in Deutschland — verglichen mit demjenigen im Ausland — wohl als durchaus befriedigend anzusehen sein. Es ist erfreulich, daß wieder ein Gedankenaustausch mit unseren Fachgenossen im Ausland begonnen hat. Insbesondere bot die große internationale Tagung „Journées Internationales de l'Analyse et des Essais“ im vergangenen Herbst in Paris Gelegenheit, dem Ausland den deutschen Entwicklungsstand in Form mehrerer Vorträge zu vermitteln und Kontakt mit Fachgenossen aus allen Ländern anzuknüpfen.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß im vergangenen Berichtsjahr die VDE-Kommission für elektrische Meßgeräte ihre Tätigkeit wiederaufgenommen hat und bereits mehrere Sitzungen abhielt.

Neue Feinmeß- und Präzisionsinstrumente für Gleich- und Wechselstrom

Von W. Thal

Der Entwicklungsstand der Feinmeß- und Präzisionsinstrumente erscheint uns im allgemeinen als so abgeschlossen, daß ein besonderes Referat hierüber wohl immer nur ganz spezielle und nur dem engeren Fachmann als neu erkennbare Einzelheiten offenbaren kann. Wenn wir trotzdem über dieses Gebiet berichten, so deswegen, weil wir glauben, daß aufbauend auf längst bekannten Prinzipien und Gesetzen neue Konstruktionsformen gefunden wurden, die der weiteren Verbesserung dieser Gerätegruppe dienen, und zwar in ganz erheblichem Maße. Solche Verbesserungen werden bei dieser Gerätegruppe wohl am ehesten die Genauigkeit, die Empfindlichkeit und das allgemeine Verhalten bei den verschiedenen Betriebszuständen betreffen.

Betrachten wir die Genauigkeit, so finden wir bei den Präzisionsinstrumenten die Klasse 0,2, die heute von allen Herstellern solcher Geräte zuverlässig erreicht und eingehalten wird. Die Ablesung der mit dieser Genauigkeit angezeigten Meßwerte fordert dem Auge das Erkennen von Unterschieden ab, die gleich oder wenig kleiner als 0,2 mm sind. Diese Leistung ist gerade noch von dem unbewaffneten Auge zu bewältigen. Über diesen Betrag hinauszugehen ist nur bei Ablesung auf dem Teilstrich oder bei Zuhilfenahme einer Lupe sinnvoll, Voraussetzungen, die bei der Anwendung von Präzisionsinstrumenten doch häufig gegeben sind. Jedenfalls erschien es durchaus nützlich, auch bei direkt anzeigenden Instrumenten die Genauigkeit zu steigern, insbesondere, wenn man die Einflußgrößen im Sinne einer Klasse 0,1 in die allgemeine Verbesserung einbezieht. Dies ist neuerdings bei verschiedenen Instrumententypen gelungen, ohne daß mit dieser Entwicklung eine Stellungnahme zur Frage der Klasse 0,1 verbunden sein soll. Den Erfolg verdanken wir, wie so häufig bei unserer Entwicklungsarbeit, einer vertieften Kenntnis der Eigenschaften vorhandener Bauelemente, wie der Entwicklung neuer Stoffe, die dem Konstrukteur neue Wege öffnen.

Aus dieser Entwicklungsrichtung seien wenige, aber sehr charakteristische Beispiele herausgegriffen.

Wenn von neuen Stoffen die Rede ist, so sind im Meßinstrumentenbau in erster Linie Magnetlegierungen gemeint. Wenn von neuen Konstruktionsprinzipien gesprochen wird, so sehen wir diese in der Bandlagerung und im Lichtzeiger mit mehrfacher Reflektion des Strahles, wohl schon bekannt von anderen Instrumentengruppen, in der zu beschreibenden Form aber neu für direkt zeigende Präzisionsgeräte. Die Entwicklung der AlNi-Stähle mit Vorzugsrichtung, bei denen uns heute Werte von $(BH)_{\max}$ bis zu $6 \cdot 10^5$ GO zur Verfügung stehen, forderte geradezu heraus, Gleichstrommeßwerke auf diesen Legierungen aufzubauen. Die vom Herkömmlichen abweichende, notwendige Form ihrer nutzbringenden Anwendung stellte den Konstrukteur vor Aufgaben, die nicht ganz leicht zu lösen waren. Hinzu kam, daß die Kenntnis ihrer Eigenschaften auf zwar sorgfältig erworbenen, jedoch jungen Erfahrungen beruhte. Immerhin gelang es auch hierfür Bauformen zu finden, die selbst im Gebiete der höchsten Präzision allen Erwartungen gerecht wurden. Wir glaubten jedoch beim Standardtyp des Gleichstrom-Präzisionsinstrumentes in der Anwendung dieser so energiereichen Stähle keinen solchen Nutzen zu sehen, als daß die Risiken und der Zeitaufwand einer völligen Neukonstruktion in Kauf genommen werden konnten, wie dies der anderen Magnetform wegen notwendig gewesen wäre.

Wir haben vor Beginn der Nachkriegsfertigung unseres 10-Ohm-Instrumentes alle die Genauigkeit des Meßwerkes bestimmenden Elemente und Eigenschaften sorgfältig mit dem Ergebnis überprüft, daß der uns in jeder Hinsicht bekannte Kobalt-Chrom-Magnet am allerwenigsten einer Steigerung der Genauigkeit hindernd entgegensteht. Wir wandten unsere ganze Aufmerksamkeit der Feder, dem Problem der Lagerung, der Temperaturkompensation und der Eichung, vom Standpunkt

der Fertigung gesehen also der Skalenzeichnung, zu. Es gelang, die einzelnen Temperaturgänge so in die Hand zu bekommen, die Lagerung so zu verbessern und die elastische Nachwirkung der Feder so klein zu halten, daß wir hoffen konnten, ein Instrument der Genauigkeit 0,1 bauen zu können, wenn es gelingt, die Technik der Skalenzeichnung ebenfalls entsprechend zu verbessern. Die Eigenschaften des Meßwerkes hatten die menschliche Geschicklichkeit, von der wir bisher bei der Zeichnung der Skala abhingen, überholt. Hier fanden wir den richtigen Weg in einer Skalenzeichenmaschine, bei der die Skala des zu eichenden Instrumentes sich während des Eichvorganges außerhalb des Gerätes befindet und der mit dem Kompensator eingestellte Eichwert durch einen eng tolerierten Mechanismus vom Instrumentenzeiger auf die Skala übertragen und direkt gezeichnet wird. Ein mit diesem Mechanismus starr verbundenes Ablesemikroskop vermittelt die Verbindung zwischen dem Zeigerausschlag und der Zeichenmaschine mit einer Genauigkeit, die mühelos über die angestrebte Endgenauigkeit des Instrumentes hinausgeht. Den Erfolg dieser Arbeit sehen wir in einem Instrument für Gleichstrom und Gleichspannung, dessen Anzeigetoleranz $\pm 0,1\%$ vom Endwert beträgt und welches in all seinen Eigenschaften einem Klassenbegriff 0,1 entspricht. In Verbindung mit entsprechenden Vor- und Nebengewichten überstreicht dieses Meßwerk heute je 7 Zehnerpotenzen für Strom und Spannung.

In der Gruppe der Feinmeßinstrumente für Gleichstrom und Gleichspannung schien das früher schon gefertigte Lichtmarken-Spannbandgalvanometer nun allerdings sehr geeignet, durch Verwendung der AlNiStähle in seinen Leistungen und Eigenschaften verbessert zu werden. Es ist bekannt, daß die notwendigen Querschnittsverhältnisse dieser hochwertigen Legierungen im Kernmagnetsystem ihre äußerste Form gefunden haben. Der Magnet befindet sich innerhalb der Spule, der den Rückschluß bildende Weicheisenzylinder umfaßt Spule und Magnet, so der Bewegung des Rähmchens den notwendigen Raum gebend. In der magnetisch optimal wirksamen, dazu noch so gedrängten Bauform sah der Konstrukteur verlockende Möglichkeiten, die durch die Anwendung eines Lichtzeigers und Spannbandlagerung zu einem empfindlichen und sehr kleinen Meßwerk führen mußten. Der radial magnetisierte Magnetkern liefert normalerweise eine sinusförmige Feldverteilung im Luftspalt, so daß bei größeren Ausschlägen eine nicht proportionale Skala zu erwarten ist. Die Verwendung von Polschalen aus Weicheisen würde zwar Abhilfe bringen, jedoch die Induktion im Luftspalt um Werte in der Größenordnung von 20 % schwächen und damit einen Teil der Vorzüge der hochwertigen Stähle wieder aufheben. Bei einer Beschränkung der Meßwerkbewegung auf 15° würde die Verwendung der Polschalen entfallen, das Magnetfeld in der Amplitude der Sinusform ausgenutzt werden und die Proportionalitätsabweichung auf ein erträgliches Maß reduziert sein. Werden größere Ansprüche an Genauigkeit und Proportionalität gestellt, so reichen ganz dünne Polschalen aus, wenn der Drehwinkel begrenzt bleibt.

Zur Aussteuerung der ganzen Skalenlänge setzt diese Überlegung aber eine entsprechende Verlängerung des Lichtzeigers, im Rahmen eines kleinen Gehäuses also eine Mehrfachreflektion, voraus. Aus Empfindlichkeitsgründen war Spannbandlagerung erforderlich, aus ästhetischen Gründen mit geringer Bandlänge. Dieser Punkt bereitete zunächst die größten Schwierigkeiten, da mit kurzen Spannbandern für Meßwerke nur wenige Erfahrungen vorlagen. Mit Rücksicht auf weitere geplante Entwicklungen wurde diesem Punkt größte Aufmerksamkeit gewidmet. Es gelang schließlich, Herstellungsverfahren und thermische Vergütungsmethoden für ganz kurze Spannbander geringen Drehmomentes und großer Festigkeit zu finden, so daß der ganze Aufbau des Meßwerkes die Höhe normaler Tischinstrumente

nicht mehr überstieg. Trotz der geringen Länge und des relativ dazu großen Ausschlagwinkels von 15° unterschreitet die elastische Nachwirkung dieser Bänder den für diesen Instrumententyp angestrebten Genauigkeitsgrad von 0,5 % ganz erheblich. Besonders geformte Federkörper spannen die das Rähmchen, den Spiegel und die Armaturen tragenden Spannbander.

Die Bewegungsmöglichkeiten des Meßwerkes sind einerseits durch den Aufbau eingeengt, andererseits sind die Federkörper so dimensioniert, daß selbst starke Schläge und Erschütterungen ohne Schaden abgefangen werden. Die achsiale Gewichtsverteilung und die Vorspannung der gleichzeitig als Stromzuführung dienenden Spannbander konnten so aufeinander abgestimmt werden, daß für die normalen Arbeitsbedingungen eine ruhige, stabile Ablesung gesichert ist. Für die für ein Tischinstrument bemerkenswerte Empfindlichkeit geben die folgenden Zahlen Anhaltspunkte.

Der Endausschlag wird bei der stromempfindlichen Ausführung mit $0,3 \mu\text{A}$, bei der spannungsempfindlichen Ausführung mit $0,3 \text{ mV}$ erreicht. Ein Teilstrich ist demnach bei einer 150teiligen Skala $2 \cdot 10^{-9} \text{ A}$ bzw. $2 \cdot 10^{-6} \text{ V}$, also Werte, die bereits einem der üblichen Spiegelgalvanometer sehr nahe kommen. Der sich auf einer Kegelskala bewegend, sehr helle Lichtzeiger gestattet ein sehr angenehmes Ablesen. Die Anzeigetoleranz beträgt bei dieser Instrumentengruppe $\pm 0,5\%$ des Endwertes. Der Eigenverbrauch an den Klemmen liegt in der Größenordnung von 10^{-9} Watt .

Bei diesem Meßwerk wurden Konstruktionsprinzipien angewendet, deren Studium sich bei der Entwicklung eines nun zu beschreibenden neuen Wattmeters als äußerst nützlich erwies, ja sogar die Voraussetzung dafür war. Wiederum von der Bilanz der die Genauigkeit bestimmenden Faktoren ausgehend, entfällt bei einem Wattmeter der Permanentmagnet, der dort durch das in den Feldspulen erzeugte Wechselfeld ersetzt gedacht werden kann. Da es sich hierbei nicht um Materialeigenschaften handelt, jedenfalls nicht in erster Ordnung, sondern nur um Fragen der Geometrie, bedeutet dies zweifellos eine Erleichterung. Gravierend tritt aber dafür die Frage des Winkelfehlers — auch Phasenfehler genannt — und damit der Frequenzeinfluß in Erscheinung. Es soll hier keine Analyse der den Winkelfehler bestimmenden elektrischen, geometrischen und Materialfragen gegeben werden. Es mag der Hinweis genügen, daß die gegenseitige Induktion zwischen der festen Feldspule und der in ihr beweglichen Drehspule eine wesentliche Quelle dieses Fehlers ist. Es ist hinreichend bekannt, daß dieser Fehler um so ernsthafte Konsequenzen zeigt, je kleiner der zu messende $\cos \varphi$ ist und je höher die Frequenz wird. Wenn alle anderen Fragen des Meßwerkbaues als gelöst gelten, so heißt ein genaues Wattmeter bauen demnach, diese Induktion klein zu halten. Eine geringe Anzahl Windungen der Drehspule und senkrechte Lage derselben zu der festen Feldwicklung lassen die kleinsten Fehler erwarten. Die erste Forderung beeinflußt das Drehmoment im ungünstigen Sinne, die zweite Forderung läßt sich annähernd nur durch ganz kleine Ausschlagswinkel realisieren. Auf diesen Tatsachen basierend, wurde unter Ansatz eines Mindestdrehmomentes, das zwischen $100 \dots 200 \text{ mgcm}/90^\circ$ liegen sollte, zahlreiche Spulenformen für die feste und bewegliche Spule und ihre gegenseitige Lage theoretisch und praktisch studiert, wobei schon angenommen wurde, daß es gelingt, mit einem Ausschlagswinkel von 15° auszukommen und damit auch schon die Entscheidung für ein Lichtmarkeninstrument gefallen war. Für ein Drehmoment von etwa $150 \text{ mgcm}/90^\circ$ und basierend auf einem Stromverbrauch von 30 mA im Spannungspfad führten diese Überlegungen und Versuche zu einer beweglichen Spule, die nur noch $80 \mu\text{H}$ Selbstinduktion aufwies, während dieser Wert bei einer älteren Entwicklung etwa $5000 \mu\text{H}$ betrug. Es gelang gleichzeitig, durch

eine sehr gedrängte Formgebung den Eigenverbrauch der Feldspulen von etwa 1 Watt auf 0,2 Watt zu reduzieren, was den Temperatureinflüssen und der Überlastbarkeit des Instrumentes ganz zweifellos zugute kommen mußte. Selbstverständlich wurden auch alle Möglichkeiten ausgeschöpft, um der Feldspule einen wirbelstromfreien Aufbau zu geben, wie z. B. Einbettung in Keramikteile. Die geringe Selbstinduktion des beweglichen Systems ließ es auch erwarten, daß der Frequenzfehler im Spannungspfad außerordentlich gering ist, z. B. weniger als $1 \cdot 10^{-4}$ bei einer Frequenz von 1000 Hz.

Gelingt es nun, den kleinen Ausschlag zu realisieren, der mit $\pm 7,5^\circ$ Winkelbewegung nur etwa 10 % der gegenseitig möglichen Maximalinduktion wirksam werden läßt, so wäre ein in den Wechselstromeigenschaften ausgezeichnetes Wattmeter zu erwarten. Hier setzten aber erhebliche Schwierigkeiten ein. Will man die günstigen Wechselstromeigenschaften und die übrigen Fehlerquellen des Instrumentes koordinieren, so mußten Lagerung und Rückstellfeder ausgezeichnete Qualität haben. Es schien der Reibungsfehler wegen nicht rasam, bei so kleinen Ausschlagswinkeln Spitzenlagerung zu nehmen, so hoch deren Qualität auch immer sein mag. Der Reibungsfehler würde durch die dreifache Reflexion des Lichtstrahles auf den dreifachen Wert vergrößert auf der Skala abgebildet werden. Eine Spannbandlagerung war hier zweifellos der richtigere Weg. Andererseits hatten aber die Untersuchungen an den vorher beschriebenen Lichtmarkengalvanometern gezeigt, daß kurze Spannbander, und nur solche konnten zur Diskussion stehen, mit relativ hohem Drehmoment nicht den hier gestellten extremen Genauigkeitswünschen gerecht werden konnten. Es war daher ein sehr glücklicher Gedanke, die reibungsfreie Spannbandlagerung mit der höchst zuverlässigen und genauen Spiralfeder als Drehmomentgeber zu verbinden, derart, daß das tragende Spannband nur 10 % des gesamten Drehmomentes übernimmt, während die freitragende genaue Feder die restlichen 90 % liefert. Entfernt man die Spiralfeder und läßt nur das Spannband als Drehmomentgeber, so entsteht eine Instrumententypen, die bei etwas geringeren Ansprüchen an die Anzeigegenauigkeit die zehnfache Empfindlichkeit aufweist. Das Ergebnis dieser Arbeiten war ein astatisches Lichtmarkenwattmeter, dessen Eigenschaften durch folgende Zahlen kurz gekennzeichnet sind:

1. Der Strompfad ist um dauernd 100 % überlastbar.
2. Der Spannungspfad ist um dauernd 40 % überlastbar.
3. Für Endausschlag bei $\cos \varphi = 1$ und $\cos \varphi = 0,5$ entspricht das Gerät der Klasse 0,2.
4. Für Endausschlag bei $\cos \varphi = 0,1$ und $\cos \varphi = 0,05$ entspricht das Instrument der Klasse 0,5.
5. Für die Standardausführung 5 A und 90 V werden Eigenschaften erzielt, die der Klasse 0,1 entsprechen würden.

Mit diesem Wattmeter ist es möglich, die Stromkreise von Leuchtröhren durchzumessen, ohne daß der Eigenverbrauch des Instrumentes störend wirkt.

Die Entwicklung weiterer Meßgeräte der Wechselstromtechnik wird von diesem Meßwerk noch weitgehenden Gebrauch machen. So hat z. B. die englische Meßinstrumentenindustrie eine Reihe sehr genauer Wattmeter unter dem Namen Komperator herausgebracht. Das Prinzip lehnt sich an das Torsionsdynamometer an, als der Ausschlag auf die senkrechte Lage zwischen beweglicher und fester Spule zurückgedreht wird, und zwar durch ein Gegendrehmoment, welches von einem Gleichstrommeßwerk geliefert wird. Das der Wechselstromleistung entsprechende Drehmoment wird also von einem über den Kompensator genau zu ermittelnden Gleichstromdrehmoment ausgewogen und der Meßwert über diesen scheinbaren Umweg bestimmt. Mit dem vorher beschriebenen Wattmetermeßwerk scheint nach entsprechenden Ergänzungen der gleiche Vorgang

möglich zu sein, um ein Spezialwattmeter für Messungen bei ganz großen Phasenverschiebungen zu bauen. Es ist keine Utopie, wenn wir hoffen, bald eine Wechselstromleistung mit einem $\cos \varphi$ von etwa 0,001 als Endausschlag direkt anzeigen zu können.

Die Liste der Neuentwicklungen möge mit der Beschreibung eines neuen Dreheisenmeßwerkes abgeschlossen werden, das sich in seiner Anzeigegenauigkeit würdig den anderen Meßwerken zuordnet. Vom Dreheisengerät sprechend, verbindet man damit in Gedanken stets die Frage der Übereinstimmung zwischen Wechsel- und Gleichstrom ebenso wie das Problem der sehr störend wirkenden, nicht proportionalen Teilung, die das Interpolieren beim Ablesen so erschwert. Auch hier waren es neue Legierungen, die den Fortschritt verbürgten, allerdings verbunden mit einem sehr eingehenden Studium der Spulenform. Die Übereinstimmung zwischen Gleich- und Wechselstrom ist ebenso eine Frage der Kernform wie der Koerzitivkraft des für die Kerne verwendeten Materials. Für die Kernform war die in der Fabrikation so angenehme Rechteckform anzustreben. Für das Material stehen uns heute Nichteisenlegierungen zur Verfügung, deren Koerzitivkraft nur nach mO zu bemessen ist. Es gelang, ein Material zu finden, welches als größte Abweichung zwischen der Gleich- und Wechselstromleistung nur einen Unterschied von $\pm 0,05\%$ aufwies. War somit das erste Problem gelöst, so blieb immer noch die nicht lineare Skala, deren Verlauf offenbar nur durch eine entsprechende Formgebung der die Kerne umschließenden Spule zu beeinflussen war. Die Entwicklung ging von der Ründspule aus, und es lagen bereits Erfahrungen über den Skalenverlauf bei rein kreisförmigen und bei kreissektorförmigen Spulen vor. Während die kreisförmige Spule eine am Ende gedrängte Skala liefert, erzeugt die kreissektorförmige Spule eine Skala, die am Ende sehr weit auseinandergezogen erscheint. Es hat sich als nützlich erwiesen, den Abstand der Feldwicklung von der Drehachse des Systems über dem Skalenwinkel als Kriterium aufzutragen. Bei der kreisförmigen Spule ergibt sich dabei eine gerade Linie, die sich noch über den normalen Skalenwinkel von 90° fortsetzt. Auch bei der kreissektorförmigen Spule ergibt sich über dem Skalenwinkel eine gerade Linie, die aber über weitere, die ganze Spule umfassende Winkel schnell absinkt. Aus diesen Untersuchungen war zu schließen, daß man zur Erzielung einer möglichst proportionalen Skala zu einem Abstand zwischen Feldwicklung und Drehachse kommen muß, der über dem Skalenwinkel aufgetragen nicht konstant verläuft. Das Ergebnis war eine elliptische Spule, die einen sektorförmigen Ausschnitt zur Aufnahme des eigentlichen beweglichen Meßwerkes enthält. Die damit erzielte Skalencharakteristik liefert von 6 % der Skalenlänge an eine völlig proportionale Unterteilung mit einer mittleren Abweichung von nur $\pm 0,15\%$. Der Leistungsverbrauch des Meßgerätes beträgt nur 0,9 VA. Bei einem Drehmoment von $50 \text{ mgcm}/90^\circ$ beträgt der Gütefaktor 1. Das Einstellmoment ist über die ganze Skala konstant und etwa doppelt so groß wie das Drehmoment. Ein Schirm aus Mu-Metall verbürgt die Sicherheit gegen Fremdfeld-einflüsse. Die Klassenleistung entspricht der Klasse 0,2, die Anzeigegenauigkeit unterschreitet diesen Wert. Auch bei dieser Entwicklung sind noch nicht alle Möglichkeiten erschöpft. Spannbandlagerung und Lichtzeiger werden diese Ausführung bald zu einer neuen Type ergänzen, die wiederum bei geringeren Genauigkeitsansprüchen ein außerordentlich empfindliches Meßwerk entstehen lassen werden. Es ist zu hoffen, daß auf diese Weise ein Dreheisenmeßwerk entsteht, dessen Eigenverbrauch nur noch einige mVA beträgt.

Diese wenigen Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, wie aus einer Synthese konstruktiver Ideen und Neuentwicklungen auf dem Gebiete der Werkstoffe auch der Bau von Präzisionsmeßwerken Nutzen ziehen kann. Wissenschaft, Forschung und Technik erhalten so die

Werkzeuge, deren sie bedürfen, um ihren Arbeiten die quantitative Deutung zu geben. Wenn festgestellt wurde, daß sich aus dem bisher Erreichten noch weitere nützliche Entwicklungen ableiten werden, so ist das ein erfreuliches Zeichen für den Stand unserer Meßinstrumentenindustrie.

Aussprache

Einführender: Bei einer Betrachtung der historischen Entwicklung der elektrischen Präzisionsgeräte ist es beachtlich, daß bereits im Jahre 1906 von dem Eichmeister Keller bei Hartmann & Braun temperaturunabhängige Schaltungen für Präzisionsgeräte mit einer Toleranz von 0,1 % entwickelt wurden. Daß trotz mancher Zweifel über die hinreichende Ablesegenauigkeit ein

Bedürfnis für Präzisionsdrehspulgeräte so hoher Genauigkeit bestand, beweist am besten die Tatsache, daß die gleiche Firma solche Geräte bereits seit mehreren Jahrzehnten herstellt.

Auch Elektrodynamometer dieser hohen Genauigkeit sind schon seit längerer Zeit auf dem Markt. Erinnert sei an das bekannte H&B-Torsionswattmeter, bei dem die Spulen stets eine solche Winkellage haben, daß eine Induktion in der Spannungsspule nicht stattfinden kann. Schließlich darf daran erinnert werden, daß auf der VDE-Tagung im Jahre 1939 von mir über die Entwicklung eines Präzisions-Dreheisenapparates berichtet wurde, dessen Gleichstromfehler kleiner als 0,1 % ist und das sich seit einigen Jahren in Deutschland auf dem Markt befindet.

Der Kompensationsverstärker — ein neuer Fotozellenkompensator

Von J. Richter

Eine Vielzahl der Aufgaben, die die Meß- und Regeltechnik stellt, läßt sich mit Hilfe von Fotozellenkompensatoren lösen. Diese Geräte werden sowohl für Laborzwecke wie für rauhe Betriebsverhältnisse gebaut, sie sind jedoch bei weitem nicht in dem Maße verbreitet, wie sie es auf Grund ihrer außerordentlich vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten verdienen. Es wurde deshalb die Aufgabe gestellt, einen lichtelektrischen Kompensations-

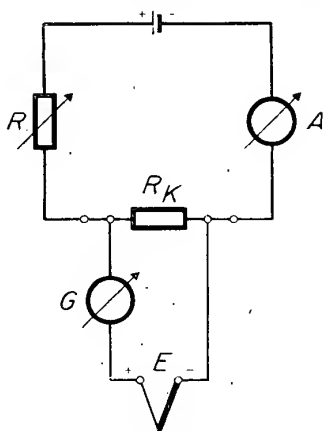


Bild 1 Kompensationsschaltung nach Lindeek-Rothe

verstärker zu entwickeln, der nach Aufbau und Ausführung eine möglichst universelle Verwendbarkeit besitzt und damit die Voraussetzung für eine zunehmende Verbreitung dieser Geräteart schafft. Bevor auf die Besonderheiten des neuen Gerätes eingegangen wird, sei es erlaubt, in aller Kürze Wirkungsweise und Eigenschaften gebräuchlicher Fotozellenkompensatoren zu skizzieren.

Bild 1 zeigt uns die bekannte Kompensationsschaltung nach Lindeek-Rothe: die EMK E beispielsweise eines Thermoelementes kann durch Einregulierung eines Hilfsstromes, der an R_K einen gleichgroßen, entgegengesetzt wirkenden Spannungsabfall erzeugt, kompensiert werden. Der Hilfsstrom wird durch das Anzeigeinstrument A gemessen; er ist der EMK E streng proportional. Dem Fotozellenkompensator liegt nun der Gedanke zugrunde, den Abgleich von R durch das Galvanometer G selbst vornehmen zu lassen. Die außerordentlich kleinen Kräfte, die für die Verstellung des Widerstandes R zur Verfügung stehen, verlangen, daß sich R praktisch ohne Leistungsaufwand regeln läßt.

Als leistungslos regelbarer Widerstand steht in Form der gittergesteuerten Hochvakuumröhre ein geeignetes

Bauelement zur Verfügung: Bild 2 zeigt den Ersatz des Widerstandes R durch eine fotoelektrisch gesteuerte Verstärkerröhre. Diese Steuerung läßt sich theoretisch sehr einfach mit Hilfe eines richtkraftlosen Spiegelgalvanometers durchführen, indem der Lichtstrahl einer Glühlampe mehr oder minder stark auf eine Fotozelle geworfen wird. Der auf diese Weise beeinflusste Zellenstrom liefert die Gittervorspannung für die Verstärkerröhre. Der dadurch gesteuerte Anodenstrom kommt durch das Instrument A zur Anzeige und ist ein direktes Maß für die angelegte EMK.

Es ist sofort einzusehen, daß weder Spannungsschwankungen der Stromquelle, noch Änderungen der Röhren- oder Zellencharakteristik einen Einfluß auf die Genauigkeit der Messung haben, denn jede Änderung dieser Größen wird selbsttätig auskompensiert. Ebenso wenig spielt die Größe der Widerstände im Anodenkreis eine Rolle, da der einer Meßgröße zugeordnete Anoden-

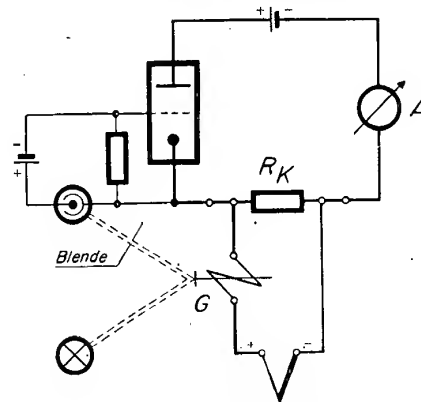


Bild 2 Grundsaltung eines Fotozellenkompensators

strom stets erzwungen wird. Es darf lediglich der Gesamtwiderstand einen Höchstwert nicht überschreiten, der durch die Betriebsdaten der Röhre bedingt ist und bei einigen Kilohm liegt. Schließlich sei noch auf einen weiteren außerordentlichen Vorteil aufmerksam gemacht, der mit dem angewandten Kompensationsverfahren verknüpft ist: auch im Eingangskreis ist eine Änderung beispielsweise der Zuleitungswiderstände in weiten Grenzen ohne Einfluß auf die Meßgenauigkeit, da bei erfolgter Kompensation praktisch kein Strom fließt.

Die Verwendung von Bauelementen, für die eine Elektronenemission kennzeichnend ist, zwingt mit Rücksicht auf die zu fordernde Betriebssicherheit zu besonderen Maßnahmen. Im Vordergrund steht dabei die

beschränkte Lebensdauer vor allem der Verstärkerröhre, so daß bei der Entwicklung des Universalgerätes dieser Frage erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet wurde. Der neue lichtelektrische Kompensationsverstärker verwendet als Verstärkerröhre eine Weitverkehrsröhre, wie sie seitens der Post in Verstärkerämtern verwendet wird und die in Fachkreisen als sehr solides Rohr anerkannt ist. Diese Röhren unterliegen bekanntlich sehr scharfen Abnahmebedingungen und haben den Vorteil einer sehr großen, garantierten mittleren Lebensdauer. Um zu verhindern, daß das unvermeidliche Nachlassen der Emission zu spät bemerkt wird, was unter Umständen zu Meßfehlern Anlaß geben könnte, ist in dem Gerät eine einfache Prüfeinrichtung vorgesehen: von der Heizspannungsquelle wird nach erfolgter Gleichrichtung eine Brückenordnung gespeist, die eine einstellbare Hilfsspannung liefert und über einen Umschalter an die Eingangsklemmen des Gerätes gelegt werden kann. Ein unzulässiges Nachlassen der Röhrenemission ist daran zu erkennen, daß sich der Endauschlag des Anzeigeinstrumentes nicht erreichen läßt, während die Unmöglichkeit, negative Meßwerte einzustellen, eine übermäßige Zellenalterung anzeigt.

Normale Fotozellenkompensatoren können im allgemeinen lediglich Meßgrößen einer Polarität anzeigen, da der Anodenstrom von Null an nur in einer Richtung ansteigen kann. Es ist wenig bekannt, daß die Anzeige von Meßgrößen verschiedener Polarität durch eine Maßnahme ermöglicht wird, auf die Gilbert [1] vor mehr als 15 Jahren hingewiesen hat. Die Einführung einer Hilfsspannungsquelle gemäß Bild 3 hat die Entstehung eines „Gegenstromes“ I_g zur Folge, der wie der Anodenstrom I_a das Anzeigeinstrument durchfließt, dem Anodenstrom jedoch entgegengesetzt gerichtet ist. Auf diese Weise wird bereits bei der Meßgröße Null eine Auslenkung des Spiegelgalvanometers bewirkt und damit ein Anodenstrom ausgelöst. Dieser und der Gegenstrom heben sich gegenseitig auf, so daß das Anzeigeinstrument — wenn die Meßgröße gleich Null ist — keinen Ausschlag zeigt. Bei negativen Meßgrößen wird der Anodenstrom kleiner, was ein Überwiegen des Gegenstromes und somit einen negativen Ausschlag des Anzeigeinstrumentes zur Folge hat. Positive Meßgrößen bewirken dagegen ein Ansteigen des Anodenstromes, also positiven Ausschlag. Mit der Einführung des Gegenstromes ist eine Verlagerung des Arbeitspunktes auf der Röhrenkennlinie verbunden, wodurch die obenerwähnte Auslösung des Anodenstromes verursacht ist. Die Lage des Arbeitspunktes ist von der Größe des Gegenstromes abhängig. Man hat es in der Hand, durch die Dimensionierung der Hilfsspannungsquelle und des Widerstandes W den Arbeitspunkt nach Belieben zu verschieben, ihn also beispielsweise in den Bereich größter Steilheit zu legen, wodurch eine größtmögliche Empfindlichkeit erreicht wird. Die bei den meisten Geräten um Null spürbare Unempfindlichkeit wird damit gleichfalls vermieden. Wegen der Vorzüge, die diese Schaltungsanordnung bietet, ist der neue Kompensationsverstärker auch in seiner Normalausführung stets so gestaltet, daß die Spannungsquelle, der die Stromversorgung der Fotozelle obliegt, zugleich den erforderlichen Gegenstrom liefert. Die Möglichkeit einer Anzeige von Meßgrößen verschiedener Polarität gestattet es u. a., dieses Gerät an Stelle von Nullgalvanometern in Brückenschaltungen einzusetzen, ohne dabei jedoch die sonst üblichen langen Einstellzeiten in Kauf nehmen zu müssen.

Für die Normalausführung des neuen Gerätes, das in Bild 4 abgebildet ist, wurde auf die Verwirklichung sehr niedriger Spannungsmeßbereiche, wie sie L. Me rz [2] bereits vor Jahren gelang und W. H ü b n e r [3] im Vorjahr für einen Spezialzweck erreicht hat, bewußt verzichtet. Es wurde bei einem Minimum an Aufwand — was wiederum der Betriebssicherheit zugute kommt — ein niedrigster Meßbereich von 1 mV bei einem Aus-

gangsstrom von 5 mA gefordert. Dieses Ziel wurde mit einem spannbandaufgehängten Spiegelgalvanometer erreicht, das mit einer sehr einfachen Optik ausgerüstet ist. Sie besteht lediglich aus einer koaxial zur Drehspule gelagerten plankonvexen Linse, deren plane Seite verspiegelt ist und nach rückwärts weist. Die Glühlampenwendel wird von der Linse am Rand eines Fensters vor

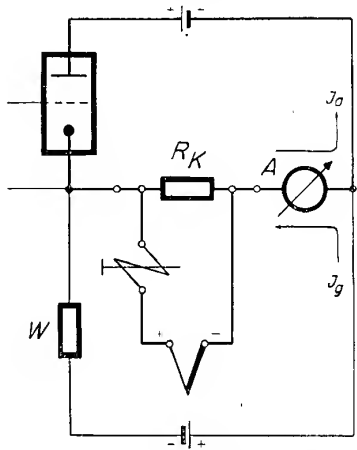


Bild 3 Gegenstromprinzip

der Fotozelle scharf abgebildet. Gegenüber einer Anordnung mit Linse und getrenntem Planspiegel ergibt sich der Vorteil, daß einerseits erheblich geringere Lichtverluste auftreten, so daß die Glühlampenleistung entsprechend niedrig gehalten werden kann, andererseits wird das vom Glühlampenkolben herrührende Streulicht von der konvexen Spiegeloberfläche so zerstreut, daß nur ein unbedeutend kleiner Bruchteil die Fotozelle erreicht.



Bild 4 Kompensationsverstärker, Ein- und Aufbaugerät für 220 V Wechselstromnetzanschluß

Die geschilderte Anordnung erlaubte den Zusammenbau von Galvanometer, Glühlampe und Fotozelle zu einer verhältnismäßig kleinen Baueinheit, dem „Steuer-einsatz“. Er ist mit einem Steckfuß versehen und mit einem Griff auswechselbar. Ebenso einfach läßt sich das für Zelle und Lampe gemeinsame Gehäuse entfernen, so daß diese Teile leicht ausgetauscht werden können. Es stehen zwecks Anpassung an die verschiedensten

Meßaufgaben Steuereinsätze mit hoch- und solche mit niederohmigen Galvanometern zur Verfügung. Eine weitere Maßnahme im Rahmen der Absicht, das Gerät möglichst universell zu gestalten, war die Auflösung des Kompensationswiderstandes in fünf Einzelwiderstände. Sie sind, wie Bild 5 zeigt, unter einer Schutzkappe auf einem Röhrensockel montiert. Dabei dienen zwei Sockelstifte als Stromzuführung, während sechs



Bild 5 Auswechselbarer Kompensationswiderstand, Meßbereiche 2/5/10/20/50 mV bei 5 mA Ausgangsstrom

weitere die Potentialklemmen darstellen. Da im Kompensationszustand im Meßkreis kein Strom fließt, ist auf diese Weise vermieden, daß durch die Übergangswiderstände an den Sockelstiften Meßfehler verursacht werden. Den fünf Einzelwiderständen entsprechen fünf Meßbereiche, die durch einen im Gerät eingebauten Meßbereichschalter nach Belieben gewählt werden können. Abgesehen von diesen umschaltbaren Bereichen ist also auch der ganze Widerstandssatz austauschbar, so daß eine sehr große Anpassungsfähigkeit garantiert ist.

Es ist ohne weiteres möglich und üblich, zur Stromversorgung von Fotozellenkompensatoren Wechselstrom zu verwenden, da die erforderliche Gleichrichtung von

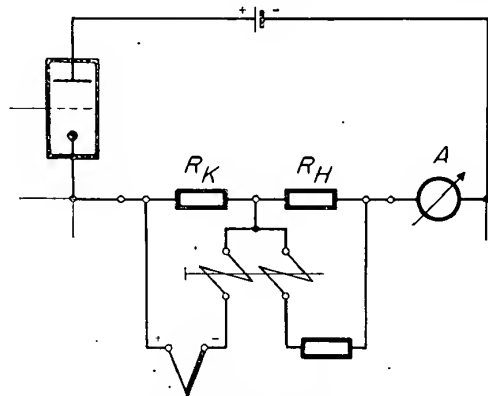


Bild 6 Verminderung des Richtmomentes durch Drehspule mit Hilfswicklung

Verstärkerröhre und Fotozelle selbst vorgenommen wird. Dies hat jedoch einmal eine beträchtliche Empfindlichkeitsminderung zur Folge, da nur eine Halbwelle zur Wirkung gelangt, andererseits ist im Ausgangskreis eine starke Welligkeit zu spüren, die für eine Reihe von Anwendungsfällen sehr störend ist. In dem neuen Kompensationsverstärker wird zwecks Vermeidung dieser Nachteile der Netzwechselstrom zuvor gleichgerichtet und geglättet. Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, daß der Netzteil als magnetischer Konstanthalter ausgebildet ist. Auf diese Weise werden Netzstöße, die

gerade in Industriebetrieben häufig und unvermeidlich sind, stark herabgemindert, wodurch die sonst oft zu beobachtenden Zuckungen der Anzeigergeräte weitgehend vermieden werden. Wenn auch das angewandte Kompensationsverfahren die Unabhängigkeit der Meßgenauigkeit von der Speisespannung garantiert, so hat doch der vorgeschaltete Spannungskonstanthalter die weitere Bedeutung, daß die Empfindlichkeit des Gerätes weniger starken Schwankungen unterliegt und die indirekt geheizte Verstärkerröhre keine unzulässige Unter- oder Überheizung erfährt. Der Konstanthalter ist so ausgelegt, daß die Heizspannung entsprechend den Vorschriften für indirekt geheizte Röhren auf $\pm 5\%$ bei Netzspannungsschwankungen im Bereich von 175 bis 250 V konstant gehalten wird.

Gegenüber dem handbetätigten Kompensationsverfahren findet beim automatischen lichtelektrischen Verfahren ein richtkraftloses Galvanometer Verwendung. Es ist nun aber weder bei spitzengelagerten, noch bei spannbandaufgehängten Galvanometern zu vermeiden, daß gewisse kleinste Richtkräfte vorhanden sind, die von den Stromzuführungs- bzw. Aufhängebändchen des Rähmchens herrühren. Diese Kräfte erzwingen ein elektrisches Drehmoment und damit einen Strom durch die Drehspule, den wir als „Fehlstrom“ bezeichnen wollen und der die Meßspannungsquelle belastet. Dieser Fehlstrom liegt je nach Meßwerk und Aufbau der Schaltung in der Größenordnung von etwa $10^{-7} \dots 10^{-10}$ A; der „Betriebswiderstand“, der sich als Quotient aus Meßbereich und Fehlstrom ergibt, ist folglich sehr groß. In den weitaus meisten Fällen ist der dadurch bedingte Übersetzungsfehler, d.h. das Verhältnis vom wahren zum angezeigten Meßwert, kleiner als 0,2 % und damit gegenüber der Klassengenauigkeit üblicher Meßgeräte vernachlässigbar.

In jenen Fällen in denen der Meßbereich Werte unter 1 mV umfaßt, kann der Übersetzungsfehler jedoch merkbar in Erscheinung treten. Das lineare Ansteigen des Fehlstromes mit der Drehspulenauslenkung, d.h. mit der Meßgröße, gibt nach H. Dreyer ein Mittel an die Hand, den Fehlstrom weitgehend zu kompensieren. Hierzu wird die spannbandaufgehängte Drehspule mit zwei Wicklungen gleichen Wicklungssinnes versehen, deren Anfänge zusammengelegt werden. Die nun notwendige dritte Stromzuführung wird durch ein zusätzliches Bändchen verwirklicht, dessen Richtmoment gleichfalls mitkompensiert wird. Bild 6 zeigt die Schaltungsanordnung, mit der dies erreicht wird: der Thermoelementkreis ist in bekannter Weise über den Kompensationswiderstand R_K und die Hauptwicklung des Spiegelgalvanometers geschlossen. Die Hilfswicklung liegt über einem Vorwiderstand parallel zum Hilfswiderstand R_H . Bei einer Zunahme der Meßgröße wächst der Anodenstrom an, zugleich wird ein zunehmender Spannungsabfall an R_H entstehen und ein Strom durch die Hilfswicklung fließen. Dieser Strom ist der Meßgröße proportional; er erzeugt ein Drehmoment, das dem Richtmoment entgegenwirkt und es bei geeigneter Dimensionierung des Hilfskreises gerade aufzuheben vermag.

Die Weiterverfolgung des eben aufgezeigten Gedankens führt zu einer wesentlich vereinfachten Anordnung, die ganz dasselbe zu leisten vermag. Statt das Rähmchen mit zwei Wicklungen zu versehen, deren Anfänge zusammengelegt sind, genügt die Anordnung eines Galvanometers mit nur einer Wicklung in einer Schaltung gemäß Bild 7. Es gelingt auf diese Weise in jedem Falle, den Übersetzungsfehler ganz erheblich herabzusetzen; für gegebene Daten von Zelle, Röhre und Glühlampe sowie für gegebene Betriebsspannungen kann er sogar praktisch zum Verschwinden gebracht werden. Die damit erreichbare große Genauigkeit dürfte vor allem für Laborgeräte von erheblicher Bedeutung sein.

Fotozellenkompensatoren sind dazu geeignet, als Konstantstromquelle hoher Konstanz zu dienen. Sie werden

hierzu meist in Verbindung mit Normalelementen verwendet, die an ihre Eingangsklemmen gelegt werden und einen konstanten Strom verursachen, dessen Größe durch den Kompensationswiderstand gegeben ist. Der so erzielte konstante Strom erzeugt an Widerständen im Ausgangskreis Spannungsabfälle, die ihrerseits z. B. zur elektrischen Nullpunktunterdrückung Verwendung finden. Die mit solchen Anordnungen erzielte Genauigkeit ist oftmals erheblich größer als die tatsächlich benötigte, und es erhebt sich die Frage, ob sich nicht zumindest bei weniger hohen Ansprüchen das gleiche Ziel mit geringerem Aufwand erreichen läßt. Es ist grundsätzlich denkbar, die elektrische Bezugsgröße, nämlich die EMK des Normalelementes, durch eine mechanische Bezugsgröße zu ersetzen. Als solche kommt z. B. die Torsionskraft in Frage, wie sie bei der Verdrehung von Spannbändern auftritt. Man kann sich hierzu das in den vorigen Absätzen besprochene störende Richtmoment zunutze machen, indem die Drehspule mechanisch so ausgelenkt wird, daß die Aufhängebändchen ständig tordiert sind. Die hierdurch bewirkte Spiegelauslenkung verursacht einen Anodenstrom, der mit der Auslenkung zunimmt. Er erzeugt ein elektrisches Drehmoment, das dem mechanischen Richtmoment entgegenwirkt und die Spiegelauslenkung aufzuheben sucht. Das gelingt um so weniger, je größer die Richtkraft, also je kleiner die Meßempfindlichkeit ist, und je stärker das Rähmchen ausgelenkt wurde. Es wird also eine Abweichung der Spiegelstellung gegenüber der normalen Lage bestehen bleiben, d. h. als Folge der Torsion wird ständig ein Anodenstrom fließen. Eine ausreichende Konstanz dieses Stromes wird nur dann gewährleistet sein, wenn der Drehwinkel, innerhalb dessen sich der Ausgleich z. B. von Schwankungen der Speisespannungen abspielt, einen hinreichend kleinen Bruchteil der gesamten Auslenkung ausmacht.

Das geschilderte Verfahren wird nicht nur ausschließlich zu dem Zweck Verwendung finden, einen konstanten Strom bzw. an entsprechenden Widerständen konstante Spannungen zu erzeugen, sondern besitzt darüber hinaus die Bedeutung, in eleganter Weise eine Nullpunktunterdrückung zu ermöglichen. Diese spielt gerade auf dem Gebiet der elektrischen Temperaturmessung eine große Rolle, wird doch immer wieder der Wunsch laut, den unteren, nicht interessierenden Teil der Temperaturskala wegfällen zu lassen, um auf diese Weise eine größere Ablesegenauigkeit für die betriebsmäßig einzuhaltenden Temperaturen zu erzielen. Die mechanische Unterdrückung des Nullpunktes kommt aus den bekannten Gründen der Unkontrollierbarkeit des Nullpunktes im allgemeinen nicht in Frage; die elektrische Nullpunktunterdrückung bedient sich üblicherweise einer elektrischen Gegenspannung, die von einer ausreichend konstanten Hilfsstromquelle geliefert wird. Anlagen dieser Art verursachen zumeist einen ziemlich großen Aufwand, weil verhältnismäßig große Anforderungen an die Konstanz der Hilfsstromquelle gestellt werden müssen.

Das Vorhandensein des zuvor besprochenen Gegenstromes in dem neuen lichtelektrischen Kompensationsverstärker erlaubt es bei geeigneter Ausführung des Spiegelgalvanometers, durch Auslenkung der Drehspule aus ihrer Normallage einen negativ gerichteten Anodenstrom zu erzwingen. Wird nun in bekannter Weise eine zu messende Spannung an den Eingang des Gerätes gelegt, so wird erst von derjenigen Meßgröße an eine Anzeige erfolgen, deren Größe gerade dem erzwungenen Strom entspricht. Die auf diese einfache Weise erzielte Nullpunktunterdrückung ist ohne Schwierigkeit zu überwachen; man kann hierzu den schon früher erwähnten

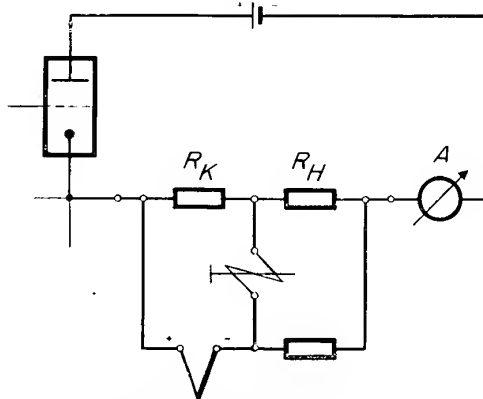


Bild 7 Verminderung des Richtmomentes durch schaltungstechnische Maßnahme bei einfacher Drehspule

Umschalter, der auch für die Emissionsprüfung vorgesehen ist, verwenden. Er wird zum Zwecke der Nullpunktüberprüfung so erweitert, daß neben der Abtrennung des Meßobjektes und der Überbrückung der Eingangsklemmen beispielsweise ein vorhandenes Anzeigeinstrument umgepolt oder ein zusätzliches Kontrollinstrument eingeschaltet wird. Das umgepolte Anzeige- bzw. das gesonderte Kontrollinstrument zeigen dann die Größe des erzwungenen Stromes an.

Der neue lichtelektrische Kompensationsverstärker, der sowohl als robustes Betriebsgerät als auch als tragbares Laborgerät zur Verfügung steht, dürfte wegen seiner hervorragenden Anpassungsfähigkeit und seiner vielseitigen Verwendbarkeit eine bedeutsame Bereicherung der meßtechnischen Mittel darstellen.

Schrifttum

- [1] R. W. Gilbert: A new high speed, high sensitivity photoelectric potentiometer. Rev. sci. Instrum. 7 (1936), S. 41...44.
- [2] L. Merz: Lichtelektrische Gleichstromverstärker. ATM Z 64 — 3 (1937).
- [3] W. Hübner: Ein Photozellenkompensator hoher Empfindlichkeit für Messungen mit thermischen Strahlungsempfängern. Elektrotechnik 4 (1950), S. 378...385.
- [4] L. Merz: Theorie der selbstkompensierenden Gleichstrom-Verstärker mit direkt wirkender mechanischer Steuerung. Arch. Elektrotechn. 31 (1937), S. 1...23.
- [5] W. Hunsinger: Der Fotozellenkompensator, Helios 45 (1939), S. 184...186.
- [6] E. Blumberg: Ein einfacher Gleichstrom-Meßverstärker für Betriebsmessungen, Bull. schweiz. elektrotechn. Verb. 41 (1950), S. 634...638.

Moderne Meßgeräte zur Fehlerortsbestimmung an Starkstromkabeln mittels elektromagnetischer Wellen

Von H. Wechsung

Für die Bestimmung von Fehlerorten bei Kabeln und Freileitungen bestehen seit Jahren zahlreiche ausgezeichnete Meßverfahren, mit denen man bei genauer Kenntnis der Kabeldaten den Fehlerort mit 1 % Genauigkeit findet. So wird z. B. das Schleifenverfahren überall da, wo man es anwenden kann, die besten Resultate ergeben. Schwieriger schon werden die Verhältnisse bei Aderbruch, wo man auf Kapazitätsmessungen angewiesen ist. Hier können bereits Nebenschlüsse die Meß-

sicherheit wesentlich beeinträchtigen. Völlig unsicher aber wird der Meßingenieur, wenn keine oder nur ungenügende Kabeldaten vorhanden sind und womöglich die Messung nur von einer Seite des Kabels aus erfolgen kann. In vielen Städten sind durch die Kriegseinwirkungen die Unterlagen über das Kabelnetz nicht mehr vollständig, so daß vor allem bei wiederholt reparierten Kabeln Meßfehler bis zu 40 % vorkommen können. So wird es ein jeder, der mit dem Aufsuchen

von Fehlern an Kabeln beauftragt ist, begrüßen, wenn ihm neue Geräte zur Verfügung gestellt werden, die ihm in schwierigen Fällen allein eine genaue Feststellung des Fehlerorts ermöglichen oder ihm auch nur in Zweifelsfällen sein bereits nach bekannten Methoden gewonnenes Ergebnis bestätigen.

Tatsächlich gibt es nun Meßverfahren, deren Resultate von den Kabeldaten, nämlich ohmschem Widerstand, Leitwert, Induktivität und Kapazität pro Längeneinheit fast unabhängig sind und auf der Ausbreitung elektromagnetischer Impulse oder Wellen auf dem Kabel oder der Freileitung aufbauen. Aus der Theorie der Kabel und Freileitungen ergibt sich nun aber, daß die Ausbreitungsgeschwindigkeit v eines elektrischen Vorganges auf einer verlustfreien Leitung nur vom Dielektrikum ϵ zwischen den Adern abhängig ist und zwar ist

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}} \tag{1}$$

wobei c die Lichtgeschwindigkeit ist.

Da nun $\epsilon - \mu$ ist in allen Fällen gleich 1 — nur eine Funktion der Isolierung ist, die aber schon aus Durchschlagsgründen bei Kabeln gleicher Spannung gleich-

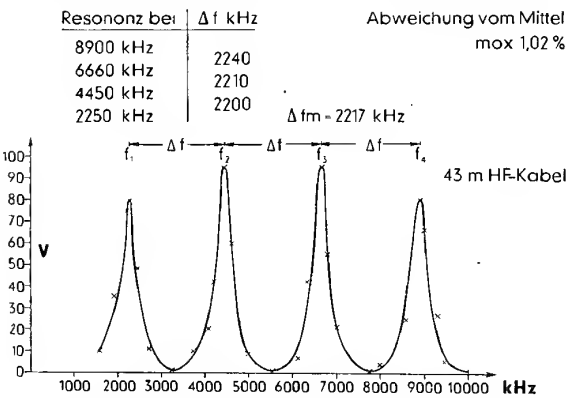


Bild 1 Typische Form scharf ausgeprägter Resonanzfrequenzen

artig ist (bei neuen Kabeln in Öl getränktes Papier, bei einigen älteren Kabeln noch Ölleinen) und außerdem noch mit der Wurzel eingeht, ist es verständlich, daß solche Meßverfahren auch bei zusammengesetzten Kabeln gute Resultate ergeben müssen. Wenn man noch bedenkt, daß die Dämpfung eines Kabels mit wachsender Frequenz wegen des Anstiegens der Blindkomponente immer kleiner wird, so daß sich alle Leitungen bei hinreichend hohen Frequenzen wie verlustarme Leitungen verhalten, so versteht man die guten Erfolge, die diese Meßverfahren besonders bei kürzeren Kabeln, deren Eigenfrequenzen sehr hoch sind, liefern.

In der Literatur ist bereits mehrfach auf die Möglichkeit solcher Messungen hingewiesen worden [1, 2, 3, 4]. Danach gibt es grundsätzlich zwei Wege, um eine von den Kabelkonstanten R , G , L und C unabhängige Messung durchzuführen und sich dabei auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Vorgänge zu stützen.

1. Man schickt einen elektromagnetischen Impuls oder einen Wellenzug in das Kabel und mißt die Zeitdifferenz zwischen ausgesandtem und reflektiertem Zeichen. Diese ist dann unmittelbar ein Maß für die Länge des Kabels bis zur Reflektionsstelle bzw. dem Fehlerort. Für die Kurzzeitmessung (für 1 km Kabel etwa 12 μ s) kommt vorwiegend der Kathodenstrahloszillograph in Betracht.

Ein weiteres Verfahren, das mit Wanderwellen arbeitet, ist von Hueter [3] angegeben worden. Hierbei wird die Kurzzeitmessung durch eine Röhrenanordnung in Verbindung mit einem ballistischen oder Kriechgalvanometer durchgeführt.

2. Man regt das Kabel durch Hochfrequenz veränderlicher Frequenz in seiner Eigenfrequenz und deren Harmonischen an und erhält durch Fixierung der Resonanzfrequenzen ein Maß für die Länge des Kabels bis zur Reflektions- bzw. Fehlerstelle [1, 2, 4].

Alle diese Verfahren haben gemeinsam, daß ihr Resultat unabhängig davon ist, ob die Fehlerstelle Kurzschluß oder Unterbrechung hat. Sie arbeiten nicht, wenn der Abschlußwiderstand gleich dem Wellenwiderstand ist. Dieser wurde bei Starkstromkabeln zwischen 20 und 60 Ω gemessen. Die Praxis hat aber bei allen diesen Verfahren ergeben, daß der Abschlußwiderstand fast niemals genau gleich dem Wellenwiderstand wird, so daß die Messung prinzipiell immer, wenn auch manchmal unter etwas schwierigen Bedingungen, durchzuführen ist.

Es ist verwunderlich, daß erst heute die Meßgeräteindustrie Geräte entwickelt hat, die diese Meßprinzipien verwirklichen. So sind ein Kabelmeßgerät der Firma Elektro-Institut, Bredeneek, das nach dem Impulsverfahren arbeitet, und ein Kabelmeßkoffer der Firma Hartmann & Braun A.G., der nach dem Resonanzverfahren arbeitet, in neuester Zeit auf den Markt gekommen.

Trotzdem über das letzte Verfahren in der Literatur wenig Aufmunterndes gesagt ist, wurden im Kraftwerk München besonders an Starkstromkabeln erfolgversprechende Erstversuche durchgeführt, die uns veranlassen, das Problem aufzugreifen und einen Kabelmeßkoffer nach dem Hochfrequenzverfahren zu entwickeln.

In Zusammenarbeit mit dem Kraftwerk Frankfurt a. M. konnten im Laufe eines Jahres sehr viele praktische Messungen durchgeführt werden, die es erlaubten, das Gerät den praktischen Bedürfnissen voll und ganz anzupassen und zu erproben. Die später angegebenen Ergebnisse entstammen diesen Messungen.

Im folgenden werden nun das Meßprinzip und der Aufbau dieses Gerätes eingehend besprochen und im Anschluß daran die mit ihm gewonnenen Meßergebnisse angegeben.

Meßprinzip

Aus der Hochfrequenztechnik ist bekannt, daß eine Antenne, die im einfachsten Falle aus einem Dipol (gerader Draht) besteht, durch einen Sender veränderlicher Frequenz zu mehrmaligen Resonanzerscheinungen angeregt werden kann. Legt man demnach an ein Ende der Antenne einen Spannungsmesser (z.B. eine Glühlampe), so leuchtet diese immer dann maximal auf, wenn die der Antenne aufgedrückte Frequenz mit der Eigenfrequenz der Antenne f_0 oder dem 2, 3, 4... n -fachen davon übereinstimmt.

Genau wie eine Antenne verhalten sich nun ein Paralleldrahtsystem und auch ein Kabel. Beide ergeben bei Anregung durch einen Sender veränderlicher Frequenz bei der Grundfrequenz und deren Harmonischen Resonanzen, die wie bei den Antennen durch einen z.B. am Anfang des Kabels angelegten Spannungsmesser angezeigt werden können. Man erhält dann einen Vorgang, wie ihn Bild 1 zeigt. Aus der Theorie der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen längs Leitungen ergibt sich nun, daß die in Bild 1 markierten Frequenzpunkte f_1 , f_2 , f_3 usw. in einer bestimmten Beziehung stehen zur Länge des Kabels, und zwar ergibt sich bei kurzgeschlossenem Kabelende

$$f_n = 2(n + A) \cdot \frac{v}{4l} \tag{2a}$$

bei offenem Kabelende

$$f_n = 2(n + 1 + A) \cdot \frac{v}{4l} \tag{2b}$$

Hierbei sind

l = die gesuchte Kabellänge,

v = die Ausbreitungsgeschwindigkeit el. magn. Wellen im Kabel.

n = Ordnungszahl (1, 2, 3, 4, 5 ...).

A ist innerhalb eines Frequenzbandes konstant.

Als Frequenzabstand Δf für zwei aufeinanderfolgende Frequenzen $f_2 - f_1, f_3 - f_2, \dots$, bei denen Maximalwerte im Indikator festgestellt wurden, ergibt sich also

$$\Delta f = \frac{v}{2l}. \quad (3)$$

Dies gilt sowohl für das kurzgeschlossene wie auch offene Kabelende. Die Bestimmung der Δf -Werte darf jedoch nicht über zwei Frequenzbereiche hinweg erfolgen, da das in Gleichung (2a) und (2b) enthaltene Glied Δ immer nur innerhalb eines Frequenzbereiches konstant ist. Aus dieser Messung ergibt sich unmittelbar die Länge des Kabels bis zur Fehlerstelle, sofern v bekannt ist, zu

$$l_x \text{ (in m)} = \frac{v}{2 \Delta f_x} \cdot \left(\frac{\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}}{\text{sec}^{-1}} \right). \quad (4)$$

Für v wurden bei Starkstromkabeln Werte zwischen 1,55 und $1,7 \times 10^8 \text{ m sec}^{-1}$ gefunden.

Kann das Kabel von beiden Enden gemessen werden und ergibt sich für die Länge l_x der Wert Δf_x und für die Länge l_y der Wert Δf_y , so ist

$$l_x = l_0 \frac{\Delta f_y}{\Delta f_x + \Delta f_y}, \quad (5)$$

wobei l_0 die Gesamtlänge des Kabels ist, die in diesem Falle bekannt sein muß. Ist das Kabel nur von einer Seite zugänglich und steht ein gleiches Kabel oder auch nur eine Ader des Kabels von bekannter Länge l_0 zur Verfügung, so wird das Δf_x des defekten Kabels von der Länge l_x und das Δf_0 des ganzen Kabels oder der ganzen Ader von der bekannten Länge l_0 bestimmt. Dann ergibt sich:

$$l_x = l_0 \frac{\Delta f_0}{\Delta f_x}. \quad (6)$$

Faustregel: Das größere Δf gehört immer zur kürzeren Kabellänge.

Aufbau des Gerätes.

Das Gerät besteht aus einem vollständig abgeschirmten Röhrengenerator kleiner Leistung, der in 7 Bereichen das Frequenzband von 32 bis 10 000 kHz stetig veränderbar bestreicht. Um eine Rückwirkung des Kabels auf den Oszillator zu vermeiden, ist eine Verstärkerröhre zwischengeschaltet. Aus dieser Forderung ergab sich die Anordnung von je zwei im Gleichlauf befindlichen Abstimmkreisen für jeden Frequenzbereich.

Über einen Hochfrequenztransformator, der die Anpassung des Kabels an den zweiten Kreis des Gerätes durchführt, wird das Kabel angeschlossen. Unmittelbar an diesen Anschlußbuchsen, praktisch also am Kabelanfang, erfolgt auch die Spannungsmessung, wobei die Schaltelemente für diesen Spannungsmesser so ausgelegt wurden, daß seine Empfindlichkeit gegenüber technischem Wechselstrom um Zehnerpotenzen kleiner ist als bei den Meßfrequenzen. Bild 2 zeigt das Prinzipschaltbild der verwendeten Schaltung.

Das in Bild 3 dargestellte Gerät, das in einem handlichen Koffer mit den Maßen $515 \times 365 \times 170 \text{ mm}$ untergebracht ist und 15,2 kg wiegt, erhält seine Speisung aus einer 6 V-Autobatterie, aus der über einen Zerkhacker auch die Gleichspannung gewonnen wird. Die Energieentnahme beträgt ungefähr 16 W. Die Skala ist direkt in kHz geeicht, wobei die Ablesung mit etwa 1...2% Genauigkeit erfolgen kann.

Durchführung der Messung und allgemeine Betrachtungen

Wesentlich für das Gelingen solcher Hochfrequenzmessungen, insbesondere in der Hand eines Nicht-Hochfrequenz-Technikers, ist die Verbindung des Gerätes mit dem Kabelende. Vom hochfrequenztechnischen Standpunkt aus ist der Idealfall der, daß ein kurzer Ader-

stumpf direkt an der Hochfrequenz führenden Klemme des Kabelmeßkoffers, der Mantel oder eine geerdete Ader an der Erdseite angeschlossen werden. Praktisch läßt sich dies jedoch meist nicht verwirklichen. Sehr häufig liegt die Meßstelle in einer Schaltstation, wo sich sogar noch Hochspannungsschalter u. dgl. befinden und auch der Mantel des Kabels nicht ohne weiteres zugänglich ist. Es hat sich aus diesem Grunde als Verbindung zwischen Koffer und Kabel eine strahlungsfreie Doppelleitung von 1,5 m Länge als praktisch erwiesen, deren

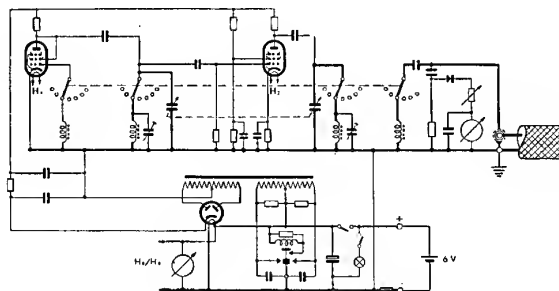


Bild 2 Prinzipschaltung des Resonanz-Frequenz-Generators

Verdrillung eventuell etwas gelöst werden kann. Hierbei ist jedoch höchste Zurückhaltung geboten. Besonders beim Messen sehr kurzer Kabellängen, bei denen sehr hohe Frequenzen (bis zu 10 m Wellenlänge) verwendet werden, führt schon die kleinste Schleife zu unangenehmen Nebeneffekten, die eine einwandfreie Messung fraglich machen. Unter gar keinen Umständen darf die Ader mit dem Hochfrequenz führenden Anschluß des Gerätes verbunden werden, während der Erdpunkt an irgendeinem beliebigen Punkt der Schaltstation (z. B. an die Gittertür der Absperung) geführt werden darf. Bei Außerachtlassen dieser Forderung erzielt man keine brauchbaren Ergebnisse.

Gemessen wird zwischen Ader und Mantel, wobei bei mehradrigen Kabeln die übrigen Adern zweckmäßigerweise mit dem Mantel verbunden werden oder auch nur

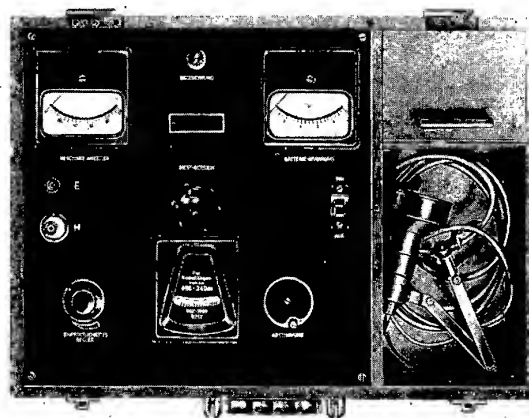


Bild 3 Hochfrequenz-Kabelmeßkoffer — techn. Ausführung

zwischen Ader und Ader. Oft ist nämlich der Bleimantel unterbrochen, so daß die Ergebnisse zwischen Ader und Ader häufig besser sind.

Hinter der Fehlerstelle befindliche Kabelteile und auch im Kabel mitenhaltene unverletzte Adern haben noch zu keinen Fehlmessungen geführt, sofern der Abschlußwiderstand gering war. Befindet er sich in der Größenordnung des Wellenwiderstandes, so sind Unregelmäßigkeiten zu erwarten, jedoch konnten auch in diesen Fällen noch einwandfreie Resonanzen und damit einwandfreie Δf -Werte gefunden werden.

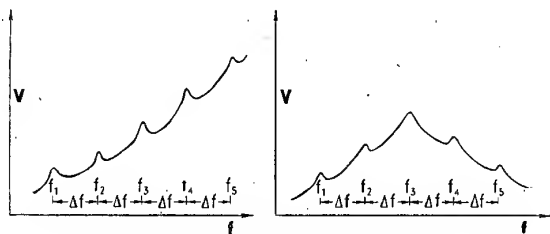


Bild 4 und 5 Spannungsverlauf der Resonanz-Frequenzen in schwierigen Fällen

Bestimmung der Δf-Werte

Ist der Anschluß des zu untersuchenden Kabels ordnungsgemäß erfolgt, so wird am Meßgerät der Frequenzbereich eingeschaltet, der der voraussichtlichen Länge

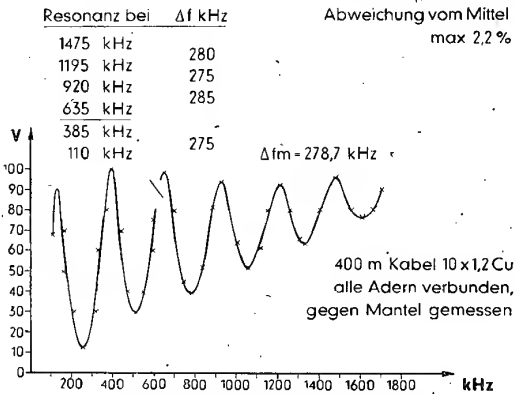


Bild 6 Beispiel einer Kabelmessung

des Kabels bis zur Fehlerstelle entspricht. Hiernach wird der Empfindlichkeitsregler so lange nach rechts gedreht, bis der Resonanzanzeiger einen mittleren Ausschlag zeigt. Nunmehr wird an dem Abstimmknopf gedreht und am Instrument beobachtet, ob der in Bild 1 angegebene Spannungsverlauf in Abhängigkeit von der Frequenz vorliegt.

Einen solchen Spannungsverlauf erhält man nur bei einem ziemlich verlustfreien Kabel bei eindeutigen Kurzschluß oder Leerlauf und bei möglichst guter Anpassung des Gerätes an das Kabel. In vielen Fällen ist aber eine merkliche Dämpfung vorhanden, und auch der Kurzschluß an der Fehlerstelle hat größere Werte (10...20 Ω). Dann erhält man einen Spannungsverlauf, wie ihn die Bilder 4 und 5 zeigen, bei denen sich besonders der Grundspiegel ändert und die Resonanzstellen nicht so stark ausgeprägt sind. Die Δf-Werte aber werden dadurch nicht beeinflusst. Sind diese einigermaßen konstant, so kann damit ohne weiteres weiter gerechnet werden.

Die Stellung des Empfindlichkeitsreglers beeinflusst die Größe der Δf-Werte nicht und kann während einer Messung beliebig verändert werden.

Im folgenden sind einige Meßergebnisse angegeben:
1. 43 m HF-Antennenkabel, Kabelende offen:

Resonanz bei	Δf
8900 kHz	2240 kHz
6660 "	2210 "
4450 "	2200 "
2250 "	
Δfmittel = 2217 kHz	
Abweichung vom Mittel max. 1.02 %	

Messungen an einem 1 kV-Einleiter-Kabel

1 x 300/1,5 mm²

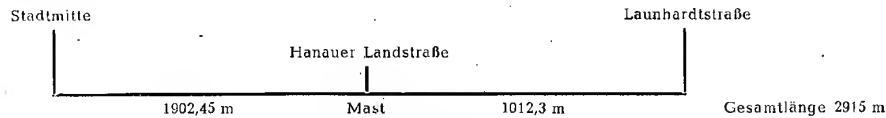


Bild 7 Beispiel einer Kabelmessung

Zusammengesetzt aus	ähnliche
Stücken von	Zusammensetzung
54 m	36 m
57 m	28,5 m
26,5 m	74,8 m
49 m	102,0 m
23,4 m	442,8 m
8,6 m	225 m
mit Hilfsmuffen	

Messung von Stadtmittel

Ader-Prüfdraht 25,5 Ω		Ader-Mantel 2 Ω		
kHz	Δf	kHz	Δf	
346		294		
305	41	332	62	
260	45	198	34	
219	41	168	30	starke
180	39			Dämpf
		136,5		
137,2		104,6	31,9	
97,5	40	75,2	29,4	
507		$\Delta f_{\text{mittel}} = 31,2$		
464	43			
426	38			
387	39			
347	40			
$\Delta f_{\text{mittel}} = 40,6$				

Messung von Launhardtstraße

Ader-Prüfdraht		Ader-Mantel	
kHz	Δf	kHz	Δf
1696	209	1718	188
1487	200	1530	228
1287	202	1302	228
1085	200	1105	197
885	205	896	209
680		695	201
—	—	—	—
683	197	699	199
486		500	
$\Delta f_{\text{mittel}} = 202$		$\Delta f_{\text{mittel}} = 203,6$	
max. Abweichung 3,9%		max. Abweichung 12%	
$l_x = \frac{1,65}{2 \cdot 202} = 410 \text{ m}$		$l_x = \frac{1,65}{2 \cdot 203,6} = 408 \text{ m}$	

Kabel war von 398 — 425 m völlig zerstört
Bei 400 m Sprengtrichter

Bild 7 Beispiel einer Kabelmessung

2. 400 m Kabel $10 \times 1,2^2 \text{ Cu}$, 10 Adern verbunden, gemessen gegen Mantel, Kabelende kurzgeschlossen (Bild 6).

Gemäß den physikalischen Vorgängen auf dem Kabel sind die besten Resultate zu erwarten, wenn das Kabel oder die Leitung vollkommen homogen sind. In der Praxis ist dies aber meist nicht der Fall.

So bedeuten z. B. Muffen für die Hochfrequenzvorgänge eine Inhomogenität und eine zusätzliche Dämpfung, zumal die Bleimäntel wohl meistens nur über einen Draht verbunden sind. Je nachdem, ob sich die Muffe gerade an einem Strombauch oder -knoten befindet — diese wandern in Abhängigkeit von der Frequenz —, machen sich kleine Schwankungen in den Δf -Werten bemerkbar, die unter Umständen bei kurzen Kabellängen bis zu 10 % ausmachen können. Da es aber immer möglich ist, mehrere Δf -Werte bis zu 10 und mehr zu bestimmen und diese zu mitteln, so ist das Endresultat wesentlich genauer, wobei die Abweichung vom Mittelwert eine zusätzliche Beurteilung der Genauigkeit der Messung zuläßt. Gerade auch wegen der für die Hochfrequenz unvollkommenen Durchführung des Bleimanteils über die Muffen wird oft die Messung zwischen zwei Leitern bessere Resultate ergeben.

Beispiel: Fehlerortung an einem 1 kV-Kabel mit Kraftwerk Frankfurt a. M. (Bild 7).

Zusammengesetzte Kabel mit verschiedenen Querschnitten der Kabellleiter bedingen in erster Linie eine Änderung des Wellenwiderstandes des Kabels an den Stoßstellen, wodurch auch nicht ganz der ideale Ablauf des Vorganges wie in Bild 1 erreicht wird. Die Δf -Werte bleiben jedoch dabei unbeeinflusst. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den verschiedenen Kabelstrecken, die in die Endausrechnung eingehen, sind nur abhängig von $\sqrt{\epsilon}$. ϵ ist jedoch bei gleichartigen Kabeln nur geringen Schwankungen unterworfen, so daß die obigen Formeln auch für zusammengesetzte Kabel gelten. Wie wenig allerdings die Ausbreitungsgeschwindigkeit v auf gleichartigen Kabeln schwankt, kann man der folgenden Tabelle entnehmen, die durch Messungen am Kabelnetz des Kraftwerkes Frankfurt a. M. gefunden wurden:

Untersuchtes Kabel		Ausbreitungsgeschwindigkeit v
1 kV-Kabel	1708,70 m älterer Bauart	$1,718 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$
1 "	1800 m	1,62 "
1 "	1841,5 m	1,675 "
5 "	2054 m $4 \times 95 \text{ Cu}$ durchsetzt mit $4 \times 150 \text{ Al}$	1,69 "
5 "	245 m	1,67 "
5 "	854 m $4 \times 125 \text{ Al}$ gemischt mit $4 \times 105 \text{ Cu}$	1,67 "
5 "	588 m $4 \times 95 \text{ Al}$ gemischt mit $4 \times 25 \text{ Cu}$	1,63 "
30 "	3037,6 m	1,58 "
30 "	3050 m	1,57 "

Bei Kenntnis dieser Werte ist ein vorzügliches Mittel gegeben, sofern man nur von einer Seite messen kann, die Maximal- und Minimalentfernung des Fehlers von der Meßstelle festzulegen, was in vielen Fällen genügt, um die Fehlerstelle zu finden. Bei Vorliegen einer größeren Reihe von Erfahrungswerten für die verschiedenen Kabel liefert auch die Messung von einer Seite exakte Werte.

Beispiel: Fehlerortung an einem 5 kV-Kabel mit dem Kraftwerk Frankfurt a. M. (Bild 8).

Bei Kabeln mit Abzweigen arbeitet das Gerät nicht eindeutig, sofern der Fehler hinter dem Abzweig liegt.

Messung von sehr kurzen Kabellängen

Entsprechend einer Grenzfrequenz von 10 000 kHz ergibt sich die kürzeste Kabellänge, bei der noch zwei Maxima nachweisbar sind und damit ein Δf -Wert bestimmt werden kann, zu etwa 20 m. Es sind jedoch in der Praxis Fälle aufgetreten, bei denen es notwendig war, mit diesem Hochfrequenzverfahren noch kürzere Strecken zu messen, wo z. B. bei einem Ein-Aderkabel ein Kurzschluß nicht unter 1...2 Ohm herunter gebrannt werden konnte und die Gleichstrommessung gar keinen Anhalt für die Ortung des Fehlers gab. In diesen Fällen

Messungen an einem 5 kV-Kabel

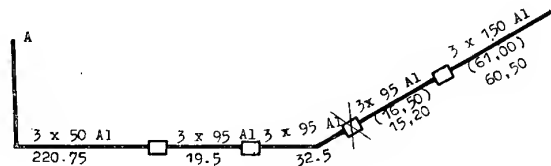


Bild 8 Beispiel einer Kabelmessung

Gesamtlänge 348,5 m

Messung von A		Messung von B	
Ader 1—3	Δf	Ader 1—3	Δf
kHz		kHz	
4100	315	9200	1090
3785	350	8110	1110
3435	315	7000	1130
3120	310	5870	1070
2810	280	4800	
2530	280		
2250	288	3750	1070
1962		2680	1090
		1590	
1630	315	$\Delta f_{\text{mittel}} = 1093$	
1315	295		
1020	290		
730			
$\Delta f_{\text{mittel}} = 303,8$			

Von A alladriger Kurzschluß ca. 0,6 Ω
Von B alladriger Kurzschluß ca. 1,5 Ω

$$l_x \text{ von B} = \frac{1,65 \cdot 10^5}{2 \cdot 1093} = 75,2$$

$$\text{oder } l_x \text{ von B} = \frac{348,45 \cdot 303,8}{1397} = 75,8$$

Bei 75,70 m, in der Muffe, war der Fehler

Bild 8 Beispiel einer Kabelmessung

kann man auf die Gleichungen (2a) und (2b) zurückgreifen und aus einem Maximum die Länge des Kabels bis zur Fehlerstelle bestimmen. Die Konstante A kann durch das Experiment gefunden werden. Bei solchen kurzen Kabellängen genügt jedoch eine Genauigkeit von 10 %. Deshalb wurden die Zusammenhänge an den verschiedensten Starkstromkabeln experimentell bestimmt und in den Kurven des Bildes 9 niedergelegt. Man er-

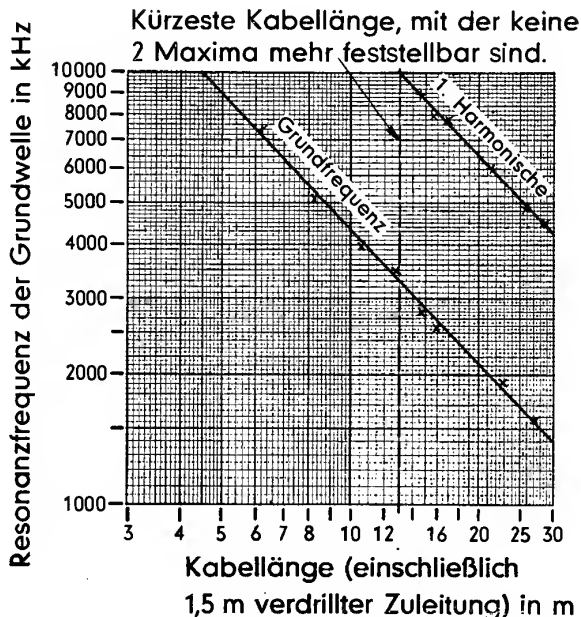


Bild 9 Auswertungs-Nomogramm

kennt die geringe Streuung gegenüber den theoretisch zu erwartenden Graden. Diese Kurven gelten deshalb innerhalb der angegebenen Fehlergrenzen für alle Starkstromkabel.

Fremdspannungen

Es kann vorkommen, daß das zu messende Kabelstück noch Fremdspannungen führt. Gleichspannungen bis ca. 100 V werden durch Kondensatoren ferngehalten. Für Wechselströme von 300 Hz ist der Widerstand zwischen den Klemmen H—E 500 Ohm, bei 50 Hz 3300 Ohm. 100 V stören auch hier die Messung nicht.

Der Indikatorkreis ist gegen Störspannungen von 50 Hz ca. 100mal unempfindlicher als gegenüber den Spannungen bei den niedrigsten Meßfrequenzen. Störspannungen technischer Frequenzen, die 100 V nicht überschreiten, bleiben deshalb ohne Einfluß auf die Messung.

Genauigkeit

Die erreichte Genauigkeit des Meßverfahrens ist nicht immer die gleiche und muß von Fall zu Fall abgeschätzt werden. Sie ist bestimmt

- durch die Genauigkeit, mit der der Absolutwert der Meßfrequenz vorliegt. Die Eichung des Koffers kann mit mindestens 1‰ Genauigkeit durchgeführt werden. Da die Ablesegenauigkeit ebenfalls 1‰ beträgt, kann man die Δf -Werte bei homogenen Kabeln mit 1...2‰ erwarten;
- durch die Genauigkeit, mit der die Resonanz gefunden wird. Auch der erfahrene Meßtechniker wird hierbei mit 1...2 Skalenteilen rechnen müssen, was je nach Bereich 2...4‰ bedeutet;
- in Wirklichkeit streuen wegen der früher behandelten Gründe die einzelnen Δf -Werte erheblich mehr. Es wurden besonders bei kurzen Kabeln Abweichungen bis zu 10 % festgestellt. In diesen Fällen wird man immer ca. 8...10 Δf -Werte bestimmen, so daß man im

mittel mit max. 1 % Abweichung rechnen muß. Dies gilt besonders für kürzere Kabel von 30...300 m. Bei diesen wird aber eine größere Genauigkeit nicht verlangt, da der Kabelgraben auch schon diese Ausdehnung hat. Bei längeren Kabeln, also bei tieferer Meßfrequenz, sind die Streuungen kleiner, so daß die Fehlerstelle mit 0,5 % Genauigkeit bestimmt werden kann, was durch eine größere Anzahl praktischer Messungen in Verbindung mit dem Kraftwerk Frankfurt a.M. erhärtet werden konnte.

Schrifttum

- [1] Bernett u. Arnold: Die Fehlerortsbestimmung an Hochspannungsfreileitungen. ETZ 1926 S. 655...657.
- [2] Allen u. Groß: Accurate line fault location. Electr. Wld. N. Y. 1935 S. 1785...87.
- [3] Hucter: Einmessung von Fehlerorten an Starkstromleitungen mittels Wanderwellen. Zeitsch. f. Elektrot. 1 1948 S. 2...6.
- [4] Schleicher: Die moderne Selektivschutztechnik und die Methoden zur Fehlerortung in Hochspannungsanlagen. Verlag Springer, Berlin, 1935.
- [5] Bédouin u. Mangard: Fehlerortsbestimmung auf Leitungen durch oszillographische Beobachtungen eines Impulses. Bull. Soc. franc. Electr. 10 (1950) S. 313 15½ S., ref. ETZ 72. Jhrg. Heft 8, 1951.

Aussprache

Herr H. Poleck, Karlsruhe: Diese Hochfrequenz-Resonanzmethode wurde schon vor 25 Jahren im Freileitungsnetz des Bayernwerkes gemeinsam mit Telefunken versucht, aber aufgegeben, da angeblich der Fehlerzustand (Erdschluß oder Seilbruch) der nicht an das Meßgerät angeschlossenen Leiter einen zu großen Einfluß auf das Meßergebnis hatte. Aus Amerika wurde andererseits wieder von guten Erfolgen berichtet. Man verwendet dort einen Tintenschreiber mit frequenzproportionalem Papiervorschub, der den Leitwert (mit den Maxima in gleichem Frequenzabstand) aufschrieb. Ein in letzten Krieg von der AEG entwickeltes Gerät lieferte eine Direktanzeige des Fehlerortes dadurch, daß die Hochfrequenz über einen größeren Bereich periodisch schnell geändert wurde. Es entsteht bei diesem Vorgang eine Niederfrequenz, die der Entfernung direkt proportional ist und mit einem Frequenzmesser angezeigt werden kann. Am sichersten scheint mir das amerikanische Verfahren zu sein, da sich der zusammenhängende Frequenzgang am besten deuten läßt. Die Hochfrequenz- und Wanderwellen-Meßverfahren haben ja den großen Vorteil, daß unerwünschte schwierigere Berechnungen entfallen, und es ist erfreulich, daß man dieser Entwicklungsrichtung seit einiger Zeit erhöhte Aufmerksamkeit widmet und praktisch brauchbare Geräte entstehen.

Wie sind denn die praktischen Erfahrungen bei der Ortung komplizierter alladriger Kabelfehler mit teilweiser Unterbrechung von Adern, wo man mit anderen Meßmethoden mit Ausnahme des Impulsreflexionsverfahrens nicht zum Ziel kommt?

Vortragender: Erfolgt die Ortung komplizierter alladriger Kabelfehler immer so, daß der dem Meßort am nächsten gelegene Fehler zuerst eingemessen wird, so wurden bisher immer einwandfreie Resultate erzielt. Will man jedoch über den Fehler hinausmessen, d. h. hat z. B. eine Ader Unterbrechung in 200 m Entfernung, eine parallelliegende Ader in 100 m Entfernung, so treten die Eigenfrequenzen des kürzeren Stückes bei der Ortung des weiter entfernt liegenden Fehlers störend in Erscheinung. Praktisch kann man immer so vorgehen, daß dieser Fall nicht eintritt.

Herr A. Popp, Wuppertal: Der Herr Vortragende ging bei seinen Schilderungen durchgeführter Meßverfahren nur von Starkstromkabeln aus. Nun bestehen bei der Fehlerortsbestimmung an Fernmeldekabeln besonders bei Aderbruch mit den bestehenden Methoden (Kapazitätsmessung) vielfach Schwierigkeiten bei der Bestimmung des Fehlerortes. Ist das HF-Meßverfahren auch für Fernmeldekabel geeignet, oder macht die Vielzahl der

Adern, Aderdurchmesser, Dämpfung für HF usw. ein HF-Meßverfahren an Fernmeldekabeln unmöglich?

Vortragender: Dieses Verfahren wurde vorwiegend für Messungen an Starkstromkabeln entwickelt, bei denen insbesondere auch bei kürzeren Kabellängen ein besonders dringender Bedarf vorlag. Es wurden jedoch auch bereits Messungen mit gutem Erfolg an vieladrigen Kabeln durchgeführt, so an einem 6,5 km langem 56adrigen Kabel von 1,5 mm² Querschnitt/Ader.

Herr K.-H. Arnold, Wanne-Eickel: In dem 5 kV-Netz einer Zeche wird seit einigen Monaten mit guten Ergebnissen mit dem Impulsverfahren gearbeitet. Zweckmäßig nimmt man am gesunden Kabel ein Grundbild auf, so daß später ein einfacher Vergleich des Bildes des „kranken“ Kabels schon Aufschluß über die Fehlerlage gibt. Muß man angesichts der nach Alter und Aufbau schwankenden Dielektrizitätskonstanten und damit auch Ausbreitungsgeschwindigkeit nicht auch bei dem HF-Verfahren erst Grundmessungen am gesunden Kabel machen?

Vortragender: Die Aufnahme eines gesunden Kabels als Grundbild ist bei dem HF-Verfahren nicht notwendig, da Stoßstellen mit einem geringeren Reflexionsfaktor, wie z. B. Muffen, Krümmungen der Leitungen, Übergang auf einen anderen Leiterquerschnitt usw. sich nur dadurch bemerkbar machen, daß sie die Homogenität des Kabels stören und damit zu einer gewissen Streuung der Δf -Werte führen, was jedoch durch Bestimmung mehrerer Δf -Werte wieder ausgeglichen werden kann. Überhaupt erhält man fast immer ein völlig eindeutiges Bild, so daß im allgemeinen keine Zweifel über den eigentlichen Fehlerort entstehen können. Selbstverständlich ist bei dem Impulsverfahren die Aufnahme von Grundbildern eine gute Hilfe, die aber wegen des damit verbundenen Arbeitsumfanges nur auf allerwichtigste Kabel beschränkt bleiben wird.

Herr P. du Mont, Köln: Das von der AEG vor und während des Krieges entwickelte HF-Fehlerortungsgerät war zur schnellen Fernortung von Fehlern an Hochspannungsleitungen bestimmt. Dazu wurde Hochfrequenz auf die Leitung gesandt, deren Frequenz innerhalb eines bestimmten Intervalles mit einer bestimmten Geschwindigkeit sägezahnartig verändert wurde.

Die ausgesandte Hochfrequenz wird an Fehlerstellen, die mit einer Wellenwiderstandsänderung verbunden sind, reflektiert. Die Phasenlage der zurückkommenden Welle ändert sich mit der durchlaufenen Entfernung und der ausgesandten Wellenlänge, so daß bei Überlagerung der ausgesandten mit der zurückkommenden Welle die Empfangsamplitude in einem Rhythmus schwankt, der außer vom Frequenzhub von der Frequenzänderungsgeschwindigkeit und der durchlaufenen Entfernung abhängt. Bei dem AEG-Gerät wurden die Konstanten so gewählt, daß die Entfernung des Fehlerortes unmittelbar an der Anzahl der Zacken in einem Oszillographen und an einem direkt zeigenden Frequenzmesser in Kilometern abgelesen werden konnte.

Eingemessen werden konnten alle Fehler, die mit einer genügenden Änderung des Wellenwiderstandes verbunden waren, so: Bruch eines oder mehrerer Leiter, Erdschluß eines oder mehrerer Leiter, Kurzschluß von zwei oder mehr Leitern.

Durch geeignete Umschaltvorrichtungen, die durch zwei Drehknöpfe im Gerät gesteuert wurden, konnte das Gerät an die verschiedenen zur Messung vorgesehenen Leitungen in den verschiedenen Kopplungskombinationen (jeder Leiter gegen jeden Leiter, jeder Leiter gegen Erde) gelegt werden. Die Messungen konnten unabhängig vom Spannungszustand der Leitungen durchgeführt werden. Die Ankopplungsmittel wurden gemeinsam mit der EW-Telefonie benutzt.

Die Höhe der rückkehrenden Welle am Empfänger hängt außer von der Sendeleistung und der Dämpfung noch von der Größe der Wellenwiderstandsänderung am Fehlerort ab. Die Sendeleistung des AEG-Fehlerortungs-

gerätes wurde so hoch gewählt, daß bei der zu erwartenden größten Meßentfernung der Empfangspegel noch genügend über dem Störpegel der Hochspannungsleitung am Empfangsort lag.

Vortragender: Im Gegensatz zu diesem von der AEG entwickelten Meßgerät arbeitet das von Hartmann & Braun vorgesehene Verfahren mit einer sehr kleinen HF-Energie, um die notwendige Energiequelle auf eine 6 V-Autobatterie beschränken zu können und das Gerät handlich zu erhalten. Gleichzeitig wird auch dadurch das Funkwesen am wenigsten gestört. Dementsprechend wurde die Empfindlichkeit des Indikators stark frequenzabhängig gestaltet, so daß technischer Wechselstrom und Gleichspannungsimpulse nicht angezeigt werden.

Herr Loser, Köln: Es ist nicht immer sehr wichtig, wie hoch die Genauigkeit des Verfahrens ist, da die Lagepläne meist ungenügend genau sind. Es empfiehlt sich stets, mittels Gleichstrom die Ader-Erdwiderstände auf höhere Werte als 18 000 Ohm hinauf oder auf 3 bis 5 Ohm satt zu brennen. Dann kann im ersten Fall mit dem Kapavi eine kapazitive Ortung erfolgen, im zweiten Fall an Hand der Bleimantelströme nach einem neuen Verfahren eine sehr genaue Ortung erfolgen. Wichtig ist vor allem, einen Anhaltspunkt für die wahrscheinliche Lage des Fehlers zu haben, damit dann die genaue Bleimantelstrommessung von dort aus begonnen werden kann.

Vortragender: Die reine Kapazitätsmessung führt bei Kabeln, deren Kabelkonstanten genauestens bekannt sind, zu guten Resultaten. Ist das zu messende Kabel jedoch aus mehreren verschiedenen Teilen zusammengesetzt, so führt das HF-Verfahren schneller zum Ziel, da deren Resultate ja nur von $\sqrt{\epsilon}$ abhängig sind. Die Dielektrizitätskonstante ϵ ist auch bei Kabeln verschiedener Konstruktion bei gleicher Prüfspannung nur sehr geringen Schwankungen unterworfen.

Herr R. Schmidt, Nürnberg: Nach vor etwa 15 Jahren durchgeführten Untersuchungen lassen sich nach dem Resonanzverfahren recht genau z. B. künstliche Fehlerstellen erkennen, die in Form von Verbindungsmuffen einige Längen eines konzentrischen HF-Kabels zusammenschalten. An dem Auftreten der Resonanzstellen war gut erkennbar, ob die Muffen an das Kabel „angepaßt“ waren oder nicht.

Herr W. Knaack, Köln: Das Impulsreflexverfahren, mit dem man die Lage der Muffen feststellen kann, ist so sehr vom Wellenwiderstand abhängig, daß bei zusammengesetzten Kabeln gleichen Querschnitts, aber verschiedenen Alters und Fabrikates kein genügend genaues Bild des Fehlers gewonnen werden kann. Läßt sich das Resonanzverfahren bei Parallelwiderständen von 10 000 Ohm und darüber (Durchschläge) verwenden?

Vortragender: Das Resonanzverfahren besitzt gegenüber dem Impulsverfahren den Vorzug, daß Reflexionsstellen mit einem geringen Reflexionsfaktor, wie z. B. Muffen, stärkere Biegungen usw., nicht angezeigt werden. Diese können demgemäß auch die Messung nicht beeinträchtigen. Parallelwiderstände um 10 000 Ohm und darüber sind bei offenem Kabel an der Fehlerstelle völlig unschädlich, treten sie jedoch bei einer durchgehenden Ader als reine Nebenschlüsse auf, so können sie mit dem HF-Resonanzverfahren nicht eingemessen, sondern müssen erst auf einige Ohm sattgebrannt werden.

Herr Flegler, Aachen: Zu der Frage nach der Einwirkung einer Änderung des Wellenwiderstandes längs der zu messenden Leitungstrecke kann noch das Folgende gesagt werden:

Die Unterschiede in den Wellenwiderständen verschiedener Kabelarten gleicher Betriebsspannung sind im allgemeinen verhältnismäßig klein. Man kann daher erwarten, daß sich Kabel, die aus verschiedenen Stücken zusammengesetzt sind, praktisch nicht anders verhalten,

als ein durchgehend gleichartiges Kabel. Ob und inwieweit sich Kabelmuffen bemerkbar machen, dürfte in erster Linie von ihrer Kapazität abhängen; aber auch hier kann man wohl in den meisten Fällen annehmen, daß sie sich nicht besonders bemerkbar machen.

Zu der im Fachbericht gegebenen Unterscheidung der einzelnen Meßanordnungen ist noch zu bemerken, daß auch das sogenannte „Impuls-Reflex-Verfahren“ ein „Wanderwellenverfahren“ ist. Es stellt lediglich eine apparative Ausführungsform des bekannten Verfahrens dar¹⁾. Auch die von E. Hüter angegebene Anordnung beruht auf demselben Meßverfahren, unterscheidet sich von den übrigen Wanderwellenverfahren lediglich durch das zur Anzeige verwendete Meßgerät. Die Wanderwellenverfahren lassen sich grundsätzlich auch an verzweigten Netzen verwenden²⁾. Bei den im Fachbericht beschriebenen Verfahren mit Ausnutzung stehender Wellen dürfte dagegen die Auswertungsschwierigkeit ganz erheblich mit der Zahl der Verzweigungen steigen.

Die Wanderwellenverfahren sind grundsätzlich auch dann brauchbar, wenn die Reflexionskennlinien des ge-

sunden Netzes nicht bekannt sind. Die Auswertung wird aber zweifellos sehr erleichtert, wenn die Möglichkeit besteht, die Kennlinie des fehlerhaften Netzes mit der Kennlinie des gesunden Netzes zu vergleichen.

Es trifft nicht zu, daß auch bei den Wanderwellenverfahren die Auswertung nur dann möglich ist, wenn der Übergangswiderstand an der Fehlerstelle klein gegenüber dem Wellenwiderstand der Leitung ist. Bei einem Übergangswiderstand in Höhe des Wellenwiderstandes der fehlerhaften Leitung ergibt sich an der Fehlerstelle noch ein Spannungssprung, der einem Drittel der Meßspannung entspricht. Bei $R = 2Z$ beträgt der Spannungssprung 20 %, und selbst bei $R = 10Z$ noch rd. 5 %. Es liegt also lediglich an der Ansprechempfindlichkeit des verwandten Anzeigeegerätes, bei welchen Übergangswiderständen die Reflexion der Wanderwelle an der Fehlerstelle noch gut erkennbar ist.

1) J. Röhrig, ETZ 52 (1931) S. 241.

2) E. Flegler, O. Wolff, J. Röhrig und H. Klemperer: ETZ 52 (1931) S. 17, Abb. 24 und Abb. 25.

Gruppe M II — Meßgeräte

Einführung

Von K. Schmiedel

Aus dem großen Gebiete der Meßtechnik wollen wir in der Gruppe M II Spezialfälle aus dem Gebiet der Elektrizitätszähler und Meßwandler behandeln. Diese Themen sind für die meisten Elektrotechniker nicht so anziehend wie Themen aus anderen Gebieten der Elektrotechnik, z.B. dem der Hochspannungs- oder Hochfrequenztechnik; daß sie hier behandelt werden, zeigt aber, daß sie nicht so unwichtig erachtet werden, wie es manchmal scheinen möchte. In der Tat hängt von der genauen Zählung der elektrischen Arbeit das Wohlergehen der Elektrizitätslieferer einerseits, die Zufriedenheit der Elektrizitätsabnehmer andererseits ab, d.h. es ergeben sich dadurch klare Verhältnisse zwischen Lieferer und Abnehmer.

Die Technik der Elektrizitätszähler und der Meßwandler hat sich von jeher bemüht, Apparate zu schaffen, die so genau wie möglich zählen und messen. Bei den Zählern kommt es darauf an, daß der Fehler über den ganzen Meßbereich so klein wie möglich ist. Man gibt ihn in Prozenten der jeweiligen Belastung an, nicht wie bei Meßinstrumenten in Prozenten des Nennwertes. Wenn ein Zähler z.B. bei 10% der Nennlast nur 2% Fehler haben darf, so ist dies 2‰ der Nennlast.

In den letzten Jahrzehnten ist man nun immer mehr dazu übergegangen, den Meßbereich der Zähler zu vergrößern. Früher war man damit zufrieden, wenn die Zähler bis zu 125% der Nennlast innerhalb der vorgeschriebenen Fehlergrenzen genau zeigten, heute baut man allgemein Zähler mit sehr engen Fehlergrenzen bis 300 und 400% der Nennlast. Verlangt wird aber trotzdem, daß die Zähler auch bei ganz kleinen Lasten noch richtig zeigen. Bei diesen kleinen Lasten kommt es nun besonders darauf an, daß die Reibung in den Lagern und den Getriebeteilen so klein wie möglich gehalten wird. Es soll aber auch die Reibung während einer langen Betriebsdauer sich nur in kleinen Grenzen ändern. Schon seit vielen Jahren haben die Fachleute auf diesem Gebiet gearbeitet und manche Veröffentlichungen haben wesentliche Aufschlüsse über die Größe der Reibung und über die Abnutzung der Lager und Zählwerke gegeben.

Herr Dr. Edler wird in seinem Vortrag neue Beiträge zu diesem Problem bringen. Ohne das Resultat vorwegnehmen zu wollen, möchte ich wünschen, daß seine Ausführungen einen bestimmten Kreis davon überzeugen werden, daß ein Zählwerk mit 6 Ziffernrollen, deren erste Rolle besonders schnell läuft, ungünstige Reibungsverhältnisse ergibt. Man soll das Zählwerk also nicht so bauen, daß es sich nach einer vorgenommenen Prüfmethode richtet, wie sie in der Hauptsache in Österreich üblich war, sondern man soll das Zählwerk richtig bauen und die Prüfmethode auf die Eigenart des Zählers ausrichten.

In gleicher Richtung bewegt sich der Vortrag des Herrn Dr. Große-Brauckmann. Er wird uns einen neuartigen Kontaktapparat für Geberzähler vorführen, mit dem bei kleinstem Reibungsmoment eine große Impulshäufigkeit erzielt werden kann. Weiterhin wird er über ein Drehrelais in neuartiger Anordnung und Schaltung für den Empfänger berichten. Beide Elemente haben zum Ziel, die Meßgenauigkeit der Zähler zu erhöhen.

Eng mit den beiden Vorträgen über Zähler verbunden ist der Vortrag von Herrn Bauer über Spannungswandler. Beim Stromwandler ist das Problem, die Isolation ohne Öl oder Masse auszuführen, schon seit Jahrzehnten gelöst. Das viel schwierigere Problem, auch Spannungswandler ohne Öl oder Masse herzustellen, wird sich erst durch die neuesten Fortschritte auf dem Gebiet der Isolierstoffe lösen lassen. Welche Schwierigkeiten dabei zu überwinden sind, wird uns Herr Bauer darlegen. Die Hochspannungsmeßzellen werden in Zukunft nicht nur meßtechnisch, sondern auch in bezug auf die Feuersicherheit allen Wünschen entsprechen, die bisher nur annähernd erfüllt werden konnten.

Eng mit den beiden Vorträgen über Zähler verbunden ist der Vortrag von Herrn Bauer über Spannungswandler. Beim Stromwandler ist das Problem, die Isolation ohne Öl oder Masse auszuführen, schon seit Jahrzehnten gelöst. Das viel schwierigere Problem, auch Spannungswandler ohne Öl oder Masse herzustellen, wird sich erst durch die neuesten Fortschritte auf dem Gebiet der Isolierstoffe lösen lassen. Welche Schwierigkeiten dabei zu überwinden sind, wird uns Herr Bauer darlegen. Die Hochspannungsmeßzellen werden in Zukunft nicht nur meßtechnisch, sondern auch in bezug auf die Feuersicherheit allen Wünschen entsprechen, die bisher nur annähernd erfüllt werden konnten.

Bedeutung von Lagerung und Reibung bei neuzeitlichen Motorelektrizitätszählern

Von H. Edler

Reibung im Zähler bedeutet Beeinflussung seiner Meßgenauigkeit und Abnutzungen, also Beeinträchtigung seiner Lebensdauer. Es ist daher verständlich, daß man bei den immer mehr gesteigerten Anforderungen an moderne Zähler dem Komplex der Reibungen erhöhte Beachtung schenken muß¹⁾. Es soll daher ein Überblick über dieses Gebiet gegeben und dargelegt werden, auf welche Weise günstigste Verhältnisse für den Zähler zu erreichen sind.

Reibungen treten am Ober- und Unterlager und am Zählwerk auf. Diese sind also die einzigen Teile des Zählers, die der mechanischen Abnutzung unterworfen sind und die Lebensdauer (Zeit bis zur Überholung) begrenzen. Für die Beeinflussung der Meßeigenschaften sind im allgemeinen nur die Schwankungen und Änderungen — wahrscheinlich hervorgerufen durch Änderungen des Ölfilmes und geringe Verunreinigungen — der Reibung von Wichtigkeit, da der Einfluß der konstanten Reibung praktisch durch entsprechende Einstellung beseitigt werden kann. Wie die Erfahrung gezeigt

¹⁾ ETZ 1951, H. 6, S. 167, H. Edler: Der Einfluß der Ankerlagerung auf Lebensdauer und Meßgenauigkeit von Elektrizitätszählern.

hat, können diese Schwankungen 100 ... 200 % der konstanten ursprünglichen Reibung betragen. Es sind also aus diesem Grunde die Werte der Reibung möglichst klein zu halten.

Das Oberlager bietet keine hier interessierenden nennenswerten Probleme. Es ist meistens als Halslager (Bild 1a) ausgeführt, bei dem eine Stahlnadel in einer Hülse (Metall oder Kunststoff) geführt wird. Je dünner die Nadel, um so kleiner das Reibungsmoment, um so geringer allerdings auch die Stabilität gegen seitliche Beanspruchung. 0,4 mm Nadeldurchmesser hat sich für die meisten Fälle als gut erwiesen. Die Beanspruchung des Lagers ist bei normalen Zählern gering; es hat lediglich die geringen radialen Kräfte aufzunehmen, über

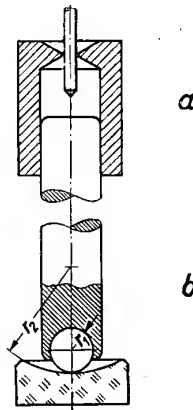


Bild 1 Ober- und Unterlager, a) Halslager, b) Einfachlager

die später berichtet wird. Die Abnutzungserscheinungen sind daher bei richtiger Ausführung im Vergleich zu anderen Lagerstellen im Zähler auch außerordentlich gering. Sein Reibungsmoment hat eine Größenordnung von 2 mgcm. Bei Präzisionszählern wird als Führungshülse auch ein Saphirlochstein verwendet, wodurch das Reibungsmoment etwas heruntergesetzt, vor allem aber die Schwankungen der Reibungswerte bedeutend vermindert werden.

Das bei weitem am meisten beanspruchte Lager im Zähler ist das Unterlager. Es muß in der Hauptsache das ganze Gewicht des Läufers tragen und dabei doch ein möglichst geringes Reibungsmoment erzeugen. Die Konstruktion, die sich hierfür durchgesetzt hat, zeigt

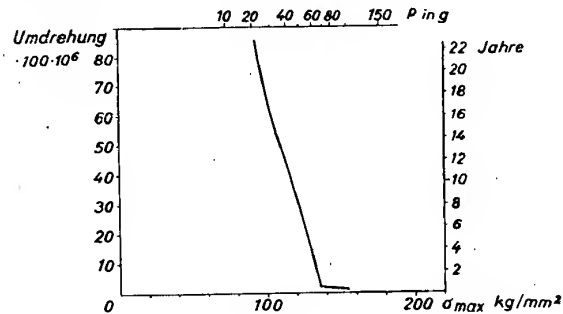


Bild 2 Lebensdauer des Unterlagers in Abhängigkeit vom Lagerdruck

Bild 1b. Das Unterlager besteht aus einer feststehenden Saphirpfanne, auf der sich eine in der Läuferachse gefaßte Kugel dreht. Das ist das am meisten verwendete, sogenannte Einfachlager.

Der Spurzapfen und die Saphirpfanne werden bei Belastung durch das Läufergewicht etwas verformt, wodurch die Berührungsstelle nicht mehr punktförmig, sondern

eine runde Berührungsfläche ist. Der Radius dieser Fläche ist nach Hertz

$$a = \sqrt[3]{0,68 P \frac{\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2}}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}}}, \quad (1)$$

wobei

- a = Radius der Berührungsfläche in mm,
- P = Läufergewicht in kg,
- E₁ = Elastizitätsmodul des Spurzapfens (Stahl 21 000 kg/mm²),
- E₂ = Elastizitätsmodul der Pfanne (Saphir 52 000 kg/mm²),
- r₁ = Wölbungsradius des Spurzapfens,
- r₂ = Wölbungsradius der Pfanne.

Durch die Berührungsfläche ergibt sich der spezifische Flächendruck, den das Material aushalten muß. Er ist nicht gleichmäßig über die Fläche verteilt, sondern in der Mitte am größten, und zwar gleich dem 1,5fachen des durchschnittlich aus Läufergewicht und Fläche sich ergebenden Flächendruckes. Der maximale Flächendruck ergibt sich danach zu

$$\sigma_{\max} = \frac{1,5 P}{\pi a^2} = \sqrt[3]{0,235 P \frac{\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)^2}{\left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2}\right)}}. \quad (2)$$

Das Reibungsmoment des Fußlagers ist

$$M_r = \frac{2}{3} \mu a P, \quad (3)$$

wo

- M_r = Reibungsmoment in kgcm
 - μ = Reibungszahl (für Stahl auf Saphir = 0,13)
- sind. Aus den Gleichungen läßt sich nun M_r = f(σ_{max}) bestimmen.

$$M_r = 0,462 \frac{P^{1,5}}{\sqrt{\sigma_{\max}}}. \quad (4)$$

Diese Gleichung läßt erkennen, daß bei gegebenem Läufergewicht (P) M_r um so kleiner wird, je größer σ_{max} ist. Aus meßtechnischen Gründen wird man also bestrebt sein, σ_{max} so groß wie möglich zu machen. Wie aus Gl. (2) zu ersehen ist, kann ja σ_{max} bei gegebenem Läufergewicht durch Veränderung der Radien von Spurzapfen (r₁) und Pfanne (r₂) in weiten Grenzen variiert werden. Mit größer werdendem σ_{max} sinkt aber die Lebensdauer. Es ist also zunächst wichtig, den Zusammenhang zwischen Lebensdauer und σ_{max} zu kennen. Er konnte nur durch eingehende Dauerversuche gefunden werden. Dieser so gefundene Zusammenhang ist in Bild 2 wiedergegeben. Die Untersuchungen wurden je an einer Anzahl Zählern (6 Stück) durchgeführt. Als Grenze der Lebensdauer (als Ordinate in Umdrehungen aufgetragen) wurde diejenige Umdrehungszahl angesehen, bei der einer von 6 Zählern bei einem Drehmoment von 0,25 cmg (entsprechend 5 % Belastung) eine größere Änderung seiner Drehgeschwindigkeit als 3 % gegenüber dem Anfangszustand aufwies. Die anderen Zähler des Versuches waren dann nach wenig mehr Umdrehungen (1 ... 2 · 10⁶) ebenfalls fehlerhaft. Die Kurve gibt also einen brauchbaren Anhalt über die zu erwartende Lebensdauer des Einfachunterlagers. Sämtliche Lager waren vorher sorgfältig untersucht und mit einer Spur Öl (bestehend aus 60 % fettem Öl und 40 % Mineralöl) versehen. Bei Schmierung mit anderen Ölen weichen die Lebensdauerwerte von denen in der Kurve angegebenen etwas ab. Die oben angegebene Öl Mischung hat sich auch im Hinblick auf Beeinflussung bei kleinen Lasten und beim Anlauf des Zählers als die beste bewährt.

Einen weiteren Einfluß auf die Haltbarkeit des Lagers hat auch bekanntlich die Lage der optischen Achse des Saphirs zur Richtung der Kraft. Die Widerstandsfähigkeit ist am größten, wenn Kraftrichtung und optische Achse senkrecht aufeinander stehen. Die Härte des Saphirs ist um 15% größer, wenn die optische Achse senkrecht zur Kraftrichtung liegt. Meßbare Unterschiede bei einer Richtung abweichend von der senkrechten treten aber erst auf bei $\sigma_{\max} > 140 \text{ kg/mm}^2$ (große Läufergewichte).

Um einen Begriff von den im Zähler auftretenden Beanspruchungen zu erhalten, ist auf der Abszissenachse eine zweite Skala angegeben, die den Läufergewichten bei den meist verwendeten Abmessungen des Unterlagers (Spurzapfen $r_1 = 0,6 \text{ mm}$ und Pfanne $r_2 = 1,2 \text{ mm}$) entspricht. Es entspricht ferner $30 \cdot 10^6$ Umdrehungen ein Jahr ununterbrochenen Betriebes eines Zählers mit 60 Umdr/min oder zwei Jahre Betrieb mit 30 Umdr/min. Bei normalen Einphasenzählern liegt das Läufergewicht bei rund 25 g. Das entspricht nach der Kurve einer Lebensdauer von rund $75 \cdot 10^6$ Umdrehungen. Bei einem Zähler mit Nenndrehzahl 30 Umdr/min würden das fünf Jahre Betrieb mit Vollast bedeuten. Nun läuft in der Praxis ein Zähler natürlich nicht Tag und Nacht mit Vollast, sondern man kann damit rechnen, daß die tatsächlichen Gesamtumdrehungen, die der Zähler in einem Jahr macht, gleichmäßig über das Jahr verteilt, hochgegriffen ein Viertel der Umdrehungen bei Nenndrehzahl ist. Dann würde in unserem Beispiel die Lebensdauer des Zählers mit 30 Umdr/min rund 20 Jahre betragen. Praktische Beobachtungen bestätigen diese Werte. Zur besseren Übersicht ist auf der Ordinatenachse noch die nach obigem errechnete Skala der Jahreszahlen aufgetragen.

Man ersieht nun aus dem Bild, daß noch bei 40 g Läufergewicht ($\sigma_{\max} \approx 100 \text{ kg/mm}^2$) eine Lebensdauer von über zehn Jahren erreicht wird, bei Ankergewichten normaler Einphasenzähler (20...30 g) Lebensdauern von 16...22 Jahren. Bei den größeren Läufergewichten ($\sigma_{\max} \approx 130 \text{ kg/mm}^2$) der Drehstromzähler (50...80 g) beträgt die Lebensdauer nur noch 6...10 Jahre und wird bei den schweren Gleichstromläufern ($\sigma_{\max} \approx 160 \text{ kg/mm}^2$) recht gering.

Man ist daher schon 1936 dazu übergegangen, bei Zählern mit großem Läufergewicht, bei denen es auf gute Meßeigenschaften und lange Lebensdauer ankam, also in der Hauptsache bei Präzisionszählern, das sogenannte Doppelsteinlager zu verwenden. Wie aus Bild 3 zu sehen, besteht das Doppelsteinlager aus einer festen und einer am Läufer befestigten Saphirpfanne, zwischen denen sich eine lose Stahlkugel befindet. Bei der gezeichneten symmetrischen Stellung der beiden Pfannen müßte bei zentrischer Belastung das Reibungsmoment (M_r) gleich dem des Einfachlagers sein, denn die Berührungsfläche und damit die Reibungsarbeit, die je Umdrehung wegen der Reibung Stahlkugel gegen Saphirpfanne geleistet werden muß, ist bei gleichem Läufergewicht bei beiden gleich. Tatsächlich wird aber bei dem Doppelsteinlager ein Reibungsmoment gemessen, das ziemlich genau 40% kleiner ist als unter gleichen Bedingungen beim Einfachlager. Die einzelnen Flächenelemente der Berührungsfläche haben, da die Oberflächen ja im mathematischen Sinn keine glatten Flächen sind, verschiedene Reibungskoeffizienten, deren Werte nach Art der Maxwell'schen Verteilung um einen Mittelwert gruppiert sind. Bei dem Einfachlager wird man also ein Reibungsmoment messen, das diesem mittleren Wert entspricht. Bei dem Doppelsteinlager ist die Kugel um jede ihrer Achsen beweglich. Befindet sich nun ein Flächenelement mit großem Reibungskoeffizient auf der Berührungsfläche, so entsteht an dieser Stelle eine größere Kraft. Wären alle Reibungskoeffizienten gleich, so entsteht an der Kugel nur ein Drehmoment um die Belastungsachse, unter deren Ein-

fluß sie sich mit halber Geschwindigkeit um diese Achse drehen würde. Durch die eben angegebene größere Kraft auf ein Flächenelement wirkt aber ein zusätzliches Drehmoment auf die Kugel um eine Achse schräg zur Belastungsrichtung. Infolgedessen dreht sich die Kugel so lange um diese Achse, bis diese Stelle erhöhter Reibung sich nicht mehr in der Berührungsfläche befindet. Die Kugel bewegt sich also stets so, daß sich in den Berührungsflächen Flächenelemente mit möglichst kleinen Reibungskoeffizienten befinden. Daher betragen die Reibungsmomente des Doppelsteinlagers nur 60% von denen des Einfachlagers.

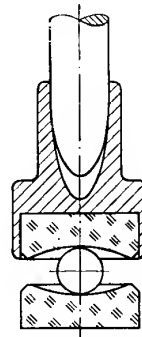


Bild 3 Doppelstein-Unterlager

Das geschilderte Verhalten der Kugel erklärt auch die sehr große Lebensdauer des Doppelsteinlagers. Da sich die Stahlkugel an den Berührungsstellen zwischen Stahlkugel und Saphir ein wenig abnutzt, wenn der Läufer sich dreht, werden hier immer Stellen größerer Reibung entstehen, unter deren Einfluß sich die Kugel um eine zur Belastungsrichtung schräge Achse dreht. Auf diese Weise werden immer andere Stellen der Kugel zur Lauffläche und die Kugel wird ganz gleichmäßig beansprucht und abgenutzt. Man kann dies durch Betrachtung einer Kugel, die längere Zeit in einem Doppelsteinlager im Betrieb war, unter dem Mikroskop sehr schön feststellen. Das Doppelsteinlager bedarf daher auch keiner Schmierung. Es zeigen sich deshalb auch mit Läufergewichten von 70...180 g mit und ohne Schmierung keine Abnutzungserscheinungen und Beeinträchtigungen der Meßgenauigkeit des Zählers noch nach $30 \cdot 40 \cdot 10^6$ Umdrehungen, während ein Einfachlager bei diesen Läufergewichten schon nach $1 \cdot 2 \cdot 10^6$ Umdrehungen ausfallen würde. Das Doppelsteinlager wäre danach das gegebene Lager für große Läufergewichte trotz des etwas größeren Aufwandes. Sein Nachteil ist aber die geringe Stabilität gegen radiale Kräfte.

Bei einem Induktionszähler treten infolge des Zusammenwirkens der Magnetflüsse (Triebflüsse und Flüsse der Bremsmagneten) mit den Scheibenströmen radiale Kräfte in der Scheibe auf, die sich im Verhältnis Abstand Oberlager—Scheibe zu Abstand Oberlager—Unterlager auf das Unterlager übertragen. Diese Kräfte, auf deren Entstehung hier nicht näher eingegangen werden soll, sind periodisch und haben einfache oder doppelte Netzfrequenz und in gewissen Fällen eine überlagerte konstante Kraftkomponente. Es kann also auf das Unterlager eine konstante und eine periodische radiale Kraft einwirken. Diese stark von der Anordnung und Ausführung von Triebsystem und Bremsmagnet abhängigen Kräfte können bis zu mehreren Gramm betragen. Während nun das Einfachlager diesen Kräften eine Reibungskraft $K_r = P \mu$, also bei einem Läufergewicht von 50 g $K_r = 50 \cdot 0,13 = 6,5 \text{ g}$ entgegensetzt, ist die Gegenkraft beim Doppelsteinlager im zentrischen Punkt praktisch Null, da ja die lose Kugel rollen kann. Infolgedessen führt beim Doppelsteinlager der Läufer senkrecht zur Achse gerichtete, leicht periodische Bewegungen aus, die einmal ein unangenehmes Rasseln hervorrufen und zum

anderen die Ursache zu Abnutzungen (z. B. an Schnecke und Schneckenrad) sein können. Die überlagerte konstante Kraftkomponente bewirkt eine Verschiebung der Läuferachse gegen den Unterlagerstein, die bei gleicher Kraft doppelt so groß wie beim Einfachlager ist. Durch entsprechende Dimensionierung des Doppelsteinlagers (kleinen Kugeldurchmesser) können die radialen Bewegungen klein gehalten werden; ganz zu vermeiden sind sie beim Doppelsteinlager nicht.

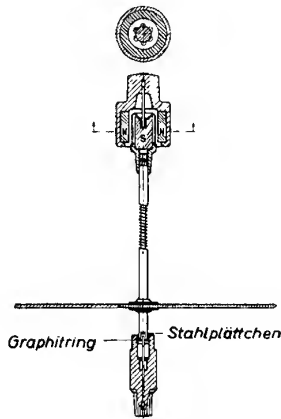


Bild 4 Magnetische Läuferaufhängung

In dem Bestreben, die Reibungen und Abnutzungen in den Lagern des Läufers zu vermeiden, ist in der Zählertechnik schon im Jahre 1909 in Deutschland der Gedanke aufgetaucht²⁾, den Läufer magnetisch aufzuhängen und damit eine mechanische Lagerung mit ihren Nachteilen zu vermeiden. Solche Konstruktionen sind auch gelegentlich für schwere Läufer bei Gleichstromzählern versuchsweise durchgeführt worden. Bei leichteren Läufern sind sie in der Praxis nicht eingeführt worden, da die dadurch bestenfalls zu erzielende Verbesserung von Meßgenauigkeit und Lebensdauer den preislichen Mehraufwand für eine magnetische Aufhängung nicht rechtfertigen. Erst in neuerer Zeit ist der Gedanke von der General Electric wieder aufgegriffen worden, die ihren Wechselstromzähler I-50 mit einer magnetischen Aufhängung ausgerüstet hat.

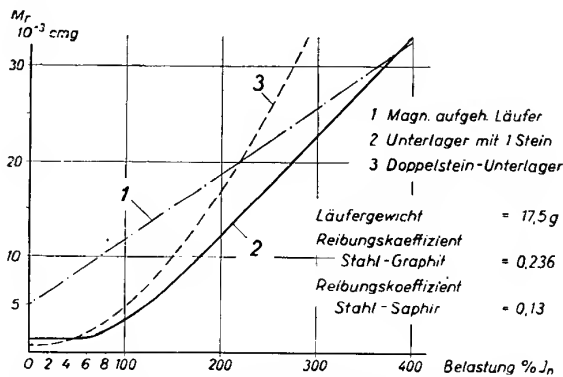


Bild 5 Reibungsmomente verschiedener Lagerarten in Abhängigkeit von den Radialkräften

Auf der Achse des etwa 17,5 g wiegenden Läufers ist oben ein Magnetstab befestigt (eingespritzt), der in einen, ebenfalls aus Magnetmaterial bestehenden, am Tragrahmen befestigten Ring hineinragt, Bild 4. Das Magnetmaterial ist eine Cu-Ni-Fe-Legierung und ist so magnetisiert, daß der Stab in den Ring hineingezogen wird. Da der am Läufer befestigte Magnetstab sich in radialer Richtung in zentrischer Lage nicht in einem stabilen Gleichgewicht befindet, muß der Anker gegen seitliche Ver-

schiebung durch zwei Halslager, von denen eins in einer Aussparung des Stabmagneten und das andere an Stelle des Unterlagers angebracht ist, gesichert werden. Diese Halslager sind außerdem notwendig, um die bei einem Zähler im Betrieb stets vorhandenen radialen Kräfte, von denen wir oben schon gesprochen haben, aufzunehmen. Die Halslager bestehen aus je einem am Läufer befestigten Graphitring mit einer Stahlnadel von 0,4 mm Durchmesser. Die Reibungsmomente dieser Lagerung sind also keineswegs Null.

Wie groß nun diese Reibungskräfte sind, zeigt Bild 5. Die Kurven sind an einem Zähler der General Electric I-50 gemessen. Die Kurve 1 gibt die Abhängigkeit des Reibungsmomentes mit der elektrischen Belastung bei magnetischer Aufhängung des Läufers, Kurve 2 dieselbe Abhängigkeit, wenn derselbe Läufer in einem Unterlager mit einem Stein und Halsoberlager gelagert ist, und Kurve 3, wenn der Läufer in einem Doppelsteinlager und Halsoberlager gelagert ist. Die ebenfalls gemessene radiale Kraft beträgt bei diesem Zähler bei 100 % elektr. Belastung 1,46 g. Es fällt zunächst auf, daß schon bei der Belastung Null, also ohne radiale Kräfte durch das Triebssystem, ein verhältnismäßig hohes Reibungsmoment von $5 \cdot 10^{-3}$ cmg vorhanden ist. Dies rührt daher, daß der Stabmagnet in der Mitte des Ringmagneten nicht im stabilen Gleichgewicht ist und infolgedessen wegen der Lagerluft sich aus der Mitte radial herausbewegt und daher der Graphitring mit einer gewissen Kraft an der Stahlnadel anliegt. Da der an diesem Zähler gemessene Reibungskoeffizient Stahl-Graphit 0,236 beträgt, würde diese radiale Kraft 1,04 g betragen. Wie weit hier zufällige Unsymmetrie in den Magneten beteiligt ist und ob bei anderen I-50-Zählern das Reibungsmoment bei Belastung Null kleiner ist, kann natürlich nicht angegeben werden. Der weitere geradlinige Verlauf der Kurve 1 bis 400 % Belastung entspricht durchaus der Rechnung. Auch die Kurven 2 und 3 stimmen mit der Rechnung befriedigend überein. Die Reibung beim Einfachlager liegt in dem ganzen Belastungsbereich unterhalb der Reibung bei magnetischer Aufhängung des Läufers. Die bei großen Belastungen erheblich größeren Reibungsmomente des Doppelsteinlagers (Kurve 3) gegenüber dem Einfachlager (Kurve 2) haben ihren Grund darin, daß bei gleicher radialer Kraft das Doppelsteinlager doppelt so weit wie das Einfachlager ausgelenkt und damit der Reibungsradius doppelt so groß wird.

Alles in allem zeigt das Bild 5, daß die magnetische Aufhängung für das Läufergewicht von 17,5 g hinsichtlich der Reibungsverhältnisse am schlechtesten abschneidet. Wie groß hierbei die Lebensdauer der Graphitlager sein wird, muß erst die Erfahrung längerer Betriebsdauer Auskunft geben. Die Lebensdauer des Einfachlagers würde aber (s. Bild 3) größer als 25 Jahre und die des Doppelsteinlagers bei diesem Zähler bestimmt noch viel größer sein. Wenn man auch annimmt, daß bei diesem einen uns zugänglich gewesenen Zähler mit magnetischer Aufhängung die Reibungsmomente durch Zufälligkeiten besonders groß ausgefallen sind, so kann man doch sagen, daß für leichte Läufer die magnetische Aufhängung dieser Art nicht so große Vorteile bietet, daß sich der damit verbundene Kostenmehraufwand lohnt. Bei schweren Läufern ist sie aber sicher ein Mittel, um die Lebensdauer des Zählers wesentlich heraufzusetzen. Doch würde man wohl besser die seitliche Stabilisierung des Läufers nicht durch Graphithalslager vornehmen, sondern durch ein Einfach- oder Doppelsteinlager. Die Entlastung durch den Tragmagneten würde dann nicht vollständig sein, sondern nur so groß, daß ein Restgewicht des Läufers von 10...15 g übrigbleibt. Hierdurch wird eine gute Führung des Läufers bei praktisch unendlicher Lebensdauer des Unterlagers erreicht.

Einen großen Anteil an den Reibungen eines Zählers hat das Zählwerk. Im Gegensatz zu Ober- und Unter-

²⁾ DRP 217 312 vom 16. 2. 1909.

lager, für die sich gewisse Normalkonstruktionen durchgesetzt haben, gibt es sehr viele in Material und Konstruktion verschiedene Ausführungen von Zählwerken. Es gibt Zeiger- und Rollenzählwerke, Zählwerke mit Rollen aus den unterschiedlichsten Metallen und mit Rollen aus Kunststoffen, Übersetzungen mit Schnecken und Rädern, Übersetzungen nur mit Rädern, vier-, fünf- und sechsstellige Zählwerke usw. Es soll hier nicht das Ziel sein, die einzelnen Konstruktionen gegeneinander abzuwägen. Es soll hier nur grundsätzlich betrachtet werden, auf welche Weise man zu einem Zählwerk möglichst geringer Reibung gelangt. Dies soll an Hand des in Bild 6 wiedergegebenen Zählwerks — einer häufig gebrauchten Form — durchgeführt werden, wobei bemerkt sei, daß gleiche Überlegungen sinngemäß für jede Zählwerksausführung gelten. Das Zählwerk hat den Zweck, die verbrauchte elektrische Arbeit zu zählen. Eine bestimmte Anzahl Läuferumdrehungen muß also einer bestimmten Anzahl Umdrehungen der ersten Ziffernrolle entsprechen. Wenn das Zählwerk kWh anzeigen soll, muß also jeder Nenndrehzahl und Nennleistung des Zählers eine bestimmte Gesamtübersetzung zugeordnet sein. Je größer die Nenndrehzahl bei gleicher Nennleistung, um so größer die Übersetzung und umgekehrt.

Wie aus dem Bild zu ersehen, ist die Gesamtübersetzung in 3 Stufen aufgeteilt: Schnecke—Schneckenrad, Rad 4—Rad 3 und Rad 2—Rad 1. Das auf den Läufer übertragene Reibungsmoment ist gleich dem Druck der Zahnflanke des Schneckenrades auf die Schnecke (P_S), multipliziert mit dem Radius der Schnecke (r), multipliziert mit einer Konstanten (c), die die Steigung der Schnecke und den Reibungskoeffizienten enthält ($M_Z = P_S r c$). Der Druck der Zahnflanke des Schneckenrades auf die Schnecke (P_S) ist gleich dem gesamten an der Achse III wirksamen Reibungsmoment (M_{III}) des Zählwerkes, dividiert durch den

halben Schneckenraddurchmesser $\frac{d_S}{2}$.

$$P_S = \frac{2 \cdot \sum M_{III}}{d_S}$$

Es ist nun

$$\sum M_{III} = M_I a_1 a_2 + M_{II} a_2 + M_{III}$$

Damit wird das auf den Läufer übertragene Reibungsmoment

$$M_Z = (M_I a_1 a_2 + M_{II} a_2 + M_{III}) \frac{2 r c}{d_S} \quad (5)$$

bei einer Gesamtübersetzung $A = a_1 a_2 a_3$, wobei für die Übersetzungen einzusetzen ist:

$$a_1 = \frac{d_2}{d_1}; \quad a_2 = \frac{d_4}{d_3}$$

a_3 = Übersetzung Schnecke auf Schneckenrad, wo d_1, d_2, d_3, d_4 die Durchmesser der Räder 1, 2, 3, 4 bedeuten.

Wie man aus Gl. (5) ersieht, kann man bei gleicher Gesamtübersetzung und sonst unveränderten Verhältnissen durch Änderung der Aufteilung der Gesamtübersetzung das auf den Läufer wirkende Reibungsmoment ändern. Je kleiner a_2 gemacht wird — bei konstantem $a_1 \cdot a_2$, also entsprechend größerem a_1 —, um so kleiner wird M_Z . Man muß also bestrebt sein, a_2 möglichst klein zu machen. Da aber das Zahnrad 4 nicht beliebig klein gemacht werden kann, ist obige Möglichkeit aus konstruktiven Gründen begrenzt. Bei dem im Bild angegebenen Beispiel kann a_2 nicht kleiner als 1 : 15 gemacht werden.

Zur Angleichung der Gesamtübersetzung des Zählwerkes an Nenndrehzahl und Nennleistung des Zählers kann man entweder die Übersetzung a_1 konstant lassen und a_2 variieren oder a_2 konstant lassen und a_1 variieren oder a_1 und a_2 variieren. Welchen Einfluß diese Variationsmöglichkeiten auf das vom Zählwerk auf den Zähler übertragene Reibungsmoment haben, zeigen die Kurven

in Bild 6. Als Abszisse sind die Gesamtübersetzungen und als Ordinate die Reibungsmomente in 10^{-3} cmg aufgetragen. Zu jeder (mittleren) Nenndrehzahl eines Zählers gehört entsprechend den verschiedenen Nennleistungen ein Übersetzungsbereich, dessen größter Wert sich zu dem kleinsten ungefähr wie 1 : 10 verhält. Zur Orientierung sind auf der Abszissenskala noch für die Nennleistung $220 \text{ V} \times 10 \text{ A}$ die Nenndrehzahlen in Umdrehungen je Minute aufgetragen.

Kurve A gibt die Reibungsmomente für den in der Praxis meist gebräuchlichen Fall, daß a_1 konstant gehalten und a_2 variiert wird. Kurve B gilt für a_2 konstant und a_1 variabel. Während nun, wenn a_2 als Wechsel-

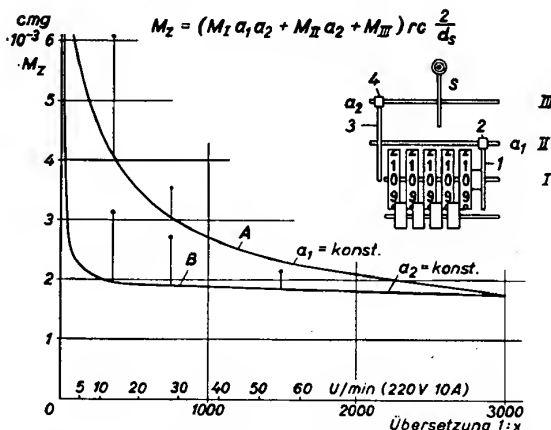


Bild 6 Zählwerkreibung in Abhängigkeit von Nenndrehzahl und Gesamtübersetzung des Zählers

übersetzung gewählt wird, das Reibungsmoment mit abnehmender Gesamtübersetzung stark zunimmt (Kurve A) und bei kleinen Übersetzungen schon recht große Werte von $7 \dots 8 \cdot 10^{-3}$ cmg annimmt, bleibt das Reibungsmoment, wenn a_1 als Wechselübersetzung genommen wird, klein und steigt erst bei kleinen Übersetzungen auf $2 \dots 3 \cdot 10^{-3}$ cmg an. Die letztere Methode ist also bei weitem die günstigere.

Es sei noch erwähnt, daß die günstigen Verhältnisse der Kurve B sich nur erreichen lassen, wenn die Ziffernrollen leicht sind und kleine Reibungsmomente (M_I) haben. Je größer M_I wird, um so mehr geht der Charakter der Kurve B in den der Kurve A über und das Reibungsmoment M_Z nimmt dann bei kleinen Übersetzungen (kleinen Drehzahlen) große Werte an.

Beim Transport der Ziffernrollen der höheren Dezimalstellen tritt natürlich eine zusätzliche Reibung auf, die am größten beim Transport aller Rollen ist, ein Nachteil, den das Zeigerzählwerk nicht hat. Da ein Rollentransport nur relativ selten vorkommt und nur eine kurze Erhöhung des Reibungsmomentes bewirkt, hat er praktisch auf die Meßgenauigkeit des Zählers keinen Einfluß. Der „Reibungsstoß“ beim Rollentransport darf natürlich nicht so groß werden, daß der Zähler bei kleiner Belastung stehenbleibt. Dies würde der Fall sein, wenn er $\geq 15 \cdot 10^{-3}$ cmg wäre bei einem Zähler mit 5 cmg Nenndrehmoment. Aus dem Bild sind für eine Anzahl Übersetzungen die Erhöhungen des Reibungsmomentes beim Transport von 5 Ziffernrollen durch 0 angegeben für Kurve A und B. Die Erhöhungen werden natürlich bei kleiner werdender Übersetzung größer, bleiben aber noch weit unterhalb des Wertes, der den Zähler zum Stehen bringen könnte.

Zur genaueren Ablesemöglichkeit bei der Dauerprüfung von Zählern ist gelegentlich vorgeschlagen worden, das Zählwerk mit einer sechsten Ziffernrolle, die zehnmal so schnell als die erste umläuft, zu versehen. Das würde bedeuten, daß die Gesamtübersetzung auf den zehnten Teil herabgesetzt werden müßte. Welchen Einfluß das auf das Reibungsmoment haben würde, ist aus

den Kurven leicht zu ersehen. Ein Zähler mit einer Gesamtübersetzung von 1:150 bei 5 Ziffernrollen, z. B. mittlerer Nenndrehzahl 22,5 und 8 kW Nennleistung oder mittlerer Nenndrehzahl 11,24 und Nennleistung 5 kW, würde mit einem Zählwerk mit einer zusätzlichen, zehnmal schneller laufenden Ziffernrolle eine Gesamtübersetzung von 1:15 erhalten. Das bedeutet aber, daß das Reibungsmoment für den Fall der Kurve B von rund $2 \cdot 10^{-3}$ cmg auf über $6 \cdot 10^{-3}$ cmg und für den Fall der Kurve A von $4,5 \cdot 10^{-3}$ cmg auf über $12 \cdot 10^{-3}$ cmg ansteigen würde. Es ist daher von dieser Maßnahme dringend abzuraten, da der geringe Vorteil einer sechsten Ziffernrolle bei der einmaligen Prüfung des Zählers in keinem Verhältnis zu der Beeinträchtigung der Meßgenauigkeit des Zählers durch das große Reibungsmoment des Zählers steht.

Die in den Beispielen angegebenen Werte für die Reibungsmomente können selbstverständlich bei anderen Konstruktionen anders sein. Sie können auch noch durch besondere Maßnahmen, wie dünnere Laufstellen der Achsen, Stirnradantrieb an Stelle des Schneckenradantriebes usw., gesenkt werden. Die obigen Betrachtungen gelten aber grundsätzlich für alle Ausführungen derartiger Zählwerke. Sie sollten in der Hauptsache zeigen, daß bei entsprechender Ausführung des Zählwerkes sich Zähler mit kleiner Nenndrehzahl keineswegs, wie man früher annahm, hinsichtlich der Zählwerksreibung ungünstiger verhalten. Da auch die Meßgenauigkeit eines Zählers mit kleiner werdender Nenndrehzahl immer besser wird bzw. die Zähler mit kleiner Nenndrehzahl bei gleichen Meßeigenschaften weniger Aufwand

erfordern, wird zweifellos die Entwicklung zu Zählern mit möglichst niedriger Nenndrehzahl führen, zumal ja damit auch die Lebensdauer der Zähler steigt. Hier das wirtschaftliche Optimum zu finden, auch im Hinblick auf den für die Prüfung notwendigen Aufwand, ist dem Können des Zählerbauers vorbehalten.

Aussprache

Herr H. Große-Brauckmann, Berlin: Zugunsten des Doppellagers ist zu ergänzen: Das Doppelsteinlager hat sich in den USA schon seit Jahrzehnten in stärkstem Maße durchgesetzt (siehe Westinghouse). Die Amerikaner schreiben dabei ausdrücklich vor, daß die Lager öllös betrieben werden sollen. Wo kein Öl ist, kann auch kein Öl verharzen. Dadurch bleibt die Reibung auch über größere Zeiträume konstant. Darin liegt ein ganz wesentlicher Vorteil des Doppelsteinlagers, denn, wie bereits Dr. Edler zum Ausdruck brachte, kommt es ja nicht so sehr auf die Größe der Reibung an, sondern vielmehr auf ihren inkonstanten Anteil.

Vortragender: Die Stahlkugeln des Doppelsteinlagers vollkommen entölt und entfettet zu verwenden, ist nicht ratsam, da sie rosten können, wenn das Lager längere Zeit nicht im Betrieb ist. Wie Untersuchungen gezeigt haben, können dann an den Stahlkugeln Rostnarben auftreten, die die Reibung erhöhen und die Steine beschädigen. Es empfiehlt sich daher, Stahlkugeln vor dem Einsetzen in das Lager mit einer ganz dünnen Ölschicht durch Tauchen in ein Benzin-Fett-Gemisch zu überziehen.

Kontaktgesteuerte Zähler und Tarifgeräte

Von H. Grosse-Brauckmann

Die mechanische Leistung, die ein Zähler ohne Beeinträchtigung seiner Meßgenauigkeit abgeben kann, ist gering. Daher hängt die Genauigkeit eines Zählers wesentlich von der Reibung in Lagerung und Zählwerk ab. Solange das Zählwerk ein vernünftiges Übersetzungsverhältnis aufweist, ist der moderne Zähler der Belastung durch das Zählwerk hinreichend gewachsen. Dagegen treten Schwierigkeiten auf, sobald man mehr als nur ein einfaches kWh-Zählwerk durch den Zähler direkt betätigen will. Sie setzen bereits im gewissen Maße beim Maximumzähler ein, bei welchem man dem Zähleranker zumuten muß, eine Feder zu spannen und einen stark mit Reibung behafteten Schleppzeiger hochzuschleppen. Das Weiterschleppen dieses Zeigers geschieht zwar meistens dann, wenn die Leistung ein Maximum hat, das heißt also in einem Augenblick, wo der Zähler ein relativ großes Drehmoment besitzt. Trotzdem lassen sich solche Zähler nur dann mit ausreichender Genauigkeit bauen, wenn man Triebssysteme mit besonders kräftigem Drehmoment verwendet. Während normale Drehstromzähler Drehmomente von 7,5...9 cmg aufweisen, geht man beim Maximumzähler im allgemeinen nicht unter 15 cmg. Aber auch dann muß man noch ein hohes konstruktives und werkstatliches Können aufbieten. Auch ergibt eine direkte Betätigung tariflicher Anzeigevorrichtungen häufig einen komplizierten Aufbau. Bei der Fernmessung schließlich ist eine mechanische Leistungsübertragung überhaupt unmöglich.

Grundsätzlich andere Möglichkeiten bietet dagegen das Prinzip der kontaktgesteuerten Zähler. Hierbei ist ein normaler Zähler mit einer Kontaktvorrichtung versehen, die nach einer bestimmten Anzahl von Ankerumdrehungen einmal Kontakt gibt. Die dadurch erzeugten elektrischen Impulse steuern ein Relais, und erst dieses betätigt die Anzeigevorrichtung.

Dieses Prinzip ist schon alt. Es ist jedoch nicht so einfach durchzuführen, wie es auf den ersten Blick erscheinen könnte. Jeder Federkontakt benötigt einen Mindestkontaktdruck. Unterschreitet man diesen Wert, so wird die Kontaktgabe unsicher, die Kontaktflächen erwärmen sich übermäßig und verkürzen die Lebensdauer. Bei normalen Telefonrelais rechnet man mit Kontaktdrücken von etwa 20 g, und selbst bei den empfindlichen Telegrafrelais geht man nicht gern unter 10 g. Ein solcher Kontaktdruck ergibt aber immer eine unzulässig hohe Beeinflussung des Zählers, es sei denn, daß man stark untersetzt. Dann aber wird die Impulszahl pro Ankerumdrehung sehr klein. Die Rechnung ergibt beispielsweise, daß eine solche Kontaktvorrichtung mit einem Kontaktdruck von 10 g bei 1 Impuls pro Ankerumdrehung ein Drehmoment von etwa 0,5 cmg erfordert. Unter diesen Umständen läßt sich ein Anlauf bei 0,5 % der Nennleistung nicht mehr sicherstellen. Daher scheiden durch Exzenter betätigte Federkontakte aus, sobald große Impulshäufigkeit benötigt wird.

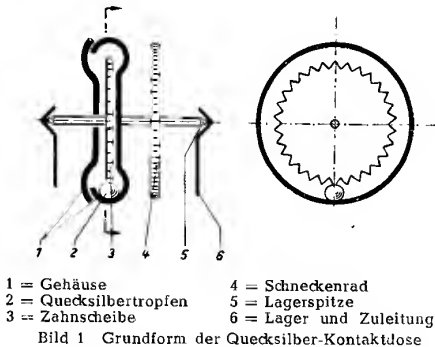
Ein gangbarer Weg besteht darin, ein Gewicht durch den Zähleranker anheben zu lassen und dadurch Energie zu speichern. Das herabfallende Gewicht schließt den Kontakt. So hat beispielsweise eine Schweizer Firma das Problem gelöst. Bei einem weiteren Prinzip wird ein besonderer Motor dazu benutzt, um die zum Schließen des Kontaktes benötigte Arbeit zu leisten. Der Zähler selbst übernimmt nur die Sperrung und Freigabe, d. h. also die Steuerung des Motors. Dieses Prinzip ist zweifellos gesund, ergibt aber einen ziemlich großen Aufwand.

Mit solchen oder ähnlichen Kontaktvorrichtungen hat man schon seit längerer Zeit fernanzeigende Zählwerke, desgleichen Maximumzähler, summenbildende Zähler, drückende Maximumzähler und andere gebaut. Allen

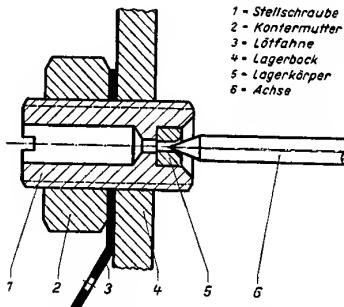
diesen Geräten sind zwei Bauelemente gemeinsam: die Kontakteinrichtung und das Relais, das die ankommenden Impulse empfängt. Von der Güte und Zuverlässigkeit dieser beiden Teile hängt die Qualität der ganzen Meßeinrichtung ab. Die nachfolgenden Ausführungen sollen daher im wesentlichen darauf konzentriert sein, zu schildern, wie diese beiden Probleme bei einer Neuentwicklung gelöst wurden.

Die Kontaktvorrichtung

Ein Kontakt wird — ohne Zuhilfenahme einer fremden Energiequelle — vom Zähler selbst betätigt. Trotzdem wird der Zähler praktisch nicht belastet. Eine Möglichkeit dazu bietet die Kontaktgabe durch Quecksilber, eine Lösung, die sich in den üblichen Quecksilberschaltröhren hervorragend bewährt hat.



Der Kontakt besteht in seiner Grundform aus einer runden Dose von ca. 20 mm Durchmesser, in deren Mitte eine Zahnscheibe isoliert, aber fest aufgenietet angebracht ist. Unten in der Dose liegt ein Quecksilbertropfen (Bild 1). Dreht man die Dose um ihre Achse, so wird der Tropfen immer zur tiefsten Stelle rollen. Die Zähne der Zahnscheibe werden daher abwechselnd in das Quecksilber eintauchen, sich wieder herausheben, dadurch eine Verbindung zwischen der Außendose und der Zahnscheibe schaffen und diese wieder unterbrechen. Diese Kontaktdose sitzt auf der Schneckenradachse des Zählwerks, wird also vom Zähler angetrieben. An den beiden voneinander isolierten Achsenden muß die Kontaktabnahme erfolgen. Sie erfolgt über eine Spitzen-



lagerung. Die angespitzten Achsenden laufen hierzu in zwei isoliert angebrachten Buchsen, wie in Bild 2 angegeben. Das Reibungsmoment einer solchen Kontakteinrichtung ist nicht groß. Auf seine zahlenmäßige Größe wird weiter unten eingegangen. Besonders bemerkenswert ist aber die Tatsache, daß die Reibung gleichmäßig und damit unabhängig vom Drehwinkel ist. Selbstverständlich muß auf die Auswahl der verwendeten Materialien sehr viel Sorgfalt verwendet werden. So wurden Dose und Zahn-

scheibe aus einem nickelhaltigen Material gefertigt, welches von Quecksilber nicht angegriffen wird.

Ungewöhnlich mag die Kontaktabnahme an den Achsenden erscheinen. Sie hat sich aber trotz aller anfänglicher Bedenken bewährt. Die Achsenden bestehen aus Stahl, die Buchsen aus Beryllium-Bronze. Es läuft auch noch eine Versuchsreihe, die Buchse aus selbstschmierendem Graphit herzustellen, eine Möglichkeit, die wahrscheinlich genau so zum Ziele führen wird.

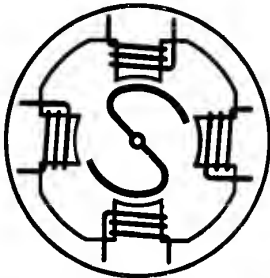


Bild 3 Schematische Darstellung des Schrittschaltmotors

Zunächst wurde versucht, mit der beschriebenen Kontakteinrichtung ein normales Relais zu betreiben. Das geht aber nicht. Bei Erschütterungen pendelt nämlich der Quecksilbertropfen und ergibt ungewolltes Aus- und Einschalten. Eine Füllung der Kontaktdose mit Dämpflüssigkeit — z. B. Silikonöl — ergab eine wesentliche, aber doch nicht ganz ausreichende Verbesserung. Durch Anwendung der an sich bekannten Halbwellenschaltung gelang es jedoch, den Kontakt erschütterungsunempfindlich zu machen und damit Fehlschaltungen völlig auszuschließen. Zur Erklärung muß zunächst auf das Empfangsrelais eingegangen werden.

Das Empfangsrelais

Das Empfangsrelais hat die Aufgabe, die Impulse der Kontakteinrichtung in eine Drehbewegung zurückzuwandeln und dadurch ein Zählwerk oder einen sonstigen

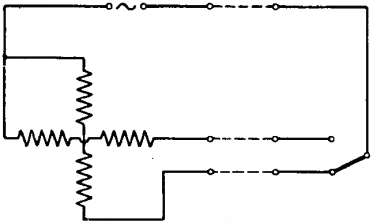


Bild 4 Schaltung des Schrittschaltmotors mit 3 Zuleitungen

Mechanismus zu betätigen. Bei der Konstruktion eines solchen Relais muß man alle Teile vermeiden, die sich abnutzen könnten, denn das Relais muß in der Lage sein, mit unbedingter Sicherheit ca. 50 · 10⁶ Impulse zu übertragen. Daher scheiden Relais mit hochbeanspruchten Federn, Klinken und Zahnrädern aus.

Aus diesen Gründen wird ein Schrittschaltmotor verwendet, der — ganz ohne Federn und Klinken arbeitend — nur reine Drehbewegung ausführt und damit eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer hat. Er besteht aus einem Kern mit 4 Polen, auf denen je eine Wicklung sitzt (Bild 3). Die gegenüberliegenden davon sind hintereinander geschaltet (Bild 4). In der Mitte befindet sich ein Z-förmiger Anker. Wird zunächst das senkrechte Spulenpaar eingeschaltet, so stellt sich der Anker in Richtung der senkrecht stehenden magnetischen Achse. Wird im nächsten Augenblick das erste Spulenpaar abgeschaltet und dafür das zweite Spulenpaar eingeschaltet, so dreht sich der Anker in die magnetische Achse des zweiten

Spulenpaares, denn er hat immer die Tendenz, sich so einzustellen, daß der magnetische Widerstand möglichst klein wird. Bei jeder Umschaltung von dem einen zum anderen Spulenpaar macht also der Anker eine Drehung um 90°, und zwar auf Grund seiner unsymmetrischen Ausbildung immer vorwärts.

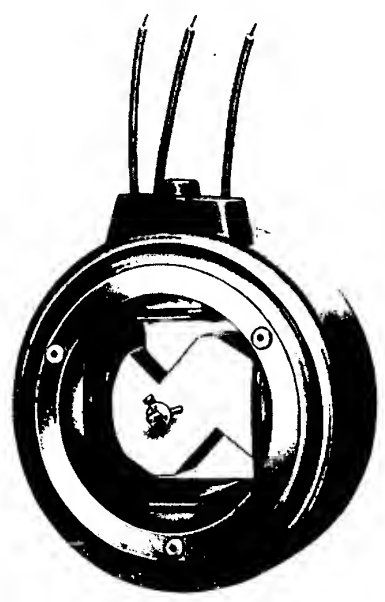


Bild 5 Schrittschaltmotor mit durchbrochener Seitenwand

Der Schrittschaltmotor ist in das Gehäuse eines Synchron-Kleinstmotors eingebaut (Bild 5). Er gibt bei einer aufgenommenen Leistung von ca. 1 Watt ein Drehmoment von 25 cmg ab. Zur Betätigung des Schrittschaltmotors benötigt man, wie aus Bild 4 hervorgeht, einen Umschalter mit 3 Zuleitungen. Bei Fernübertragung sind aber nur 2 Leitungen tragbar. Das Problem konnte durch Verwendung der Halbwellenschaltung, die man sonst zur Übertragung von 2 Signalen auf einer Leitung benutzt, folgendermaßen gelöst werden: In Reihe mit den beiden Wicklungspaaren wurden 2 Gleichrichter gelegt, die zu einander umgekehrte Polarität haben (Bild 6). Zwei

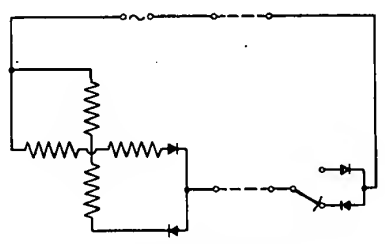


Bild 6 Schaltung des Schrittschaltmotors in Halbwellenschaltung

weitere Gleichrichter liegen am Umschalter. Die Schaltung wird von einer Wechselspannungsquelle gespeist. Wie man aus Bild 5 ersieht, werden je nach Stellung des Schalters positive oder negative Halbwellen über die Leitung geschickt. Dadurch wird das eine oder andere Spulenpaar betätigt. Man ersieht ferner aus dem Schaltbild eine wichtige, sogar ausschlaggebende Eigenschaft: ein etwaiges Prellen des Kontaktes ist ungefährlich, denn ein mehrmaliges Aus- und Einschalten derselben Wicklung kann zu keinem Weiterschalten führen. Immer nur die erste Kontaktgabe führt zur Betätigung des Motors.

Aus dem gleichen Grunde ist aber auch die Anordnung erschütterungsunempfindlich. Man ist also in die Lage versetzt, zum Schalten einen Quecksilberschalter der im Prinzip beschriebenen Art ohne Dämpfungsöl zu verwenden.

Die in Bild 1 dargestellte Grundform der Kontaktdose arbeitet nur als einfacher Aus-Ein-Schalter. Wir benötigen aber für den Schrittschaltmotor einen Umschalter und müssen daher die Kontaktdose entsprechend ausbilden. Sie erhält zwei Zahnscheiben, die um eine Zahn-

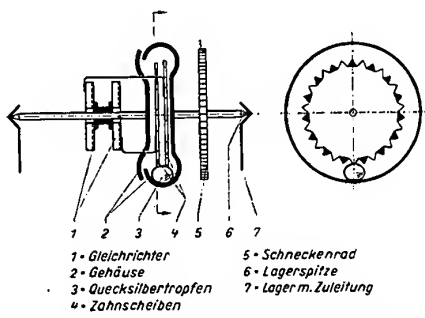


Bild 7 Quecksilber-Kontaktdose als Umschalter mit Gleichrichterplatten

teilung gegeneinander versetzt sind (Bild 7). Der Quecksilbertropfen verbindet dann die eine oder die andere Zahnscheibe mit der äußeren Dose. Die beiden Gleichrichter, die sich in Bild 6 neben dem Umschalter befinden, wurden mit auf die Achse der Kontaktdose gesetzt. Dann braucht man nur den gemeinsamen Punkt beider Gleichrichter herauszuführen, so daß man mit den beiden Abnahmestellen an den Achsenden auskommt. Hierin liegt eine besondere Möglichkeit, die die Halbwellenschaltung bietet.

Zur Verhütung von Kontaktoxydation ist die Dose mit Schutzgas gefüllt und völlig abgedichtet. Eine Funkenlöscheinrichtung in Gestalt eines Kondensators und eines

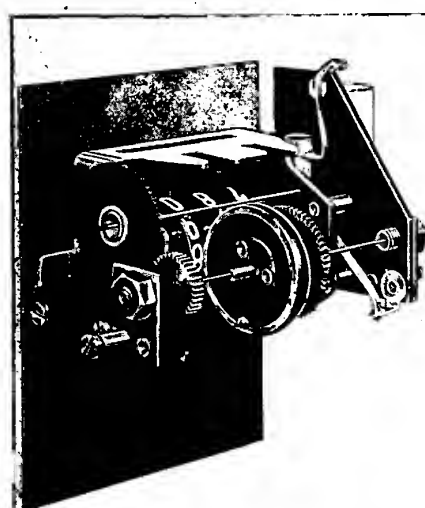


Bild 8 Quecksilber-Kontaktdose im Zählwerk eingebaut

Widerstandes sorgt für Unterdrückung von Schaltfunken. Der Öffnungsfunken ist aber ohnehin klein, weil Einweg-Gleichrichtung vorliegt. Entweder erfolgt dadurch die Unterbrechung im stromlosen Zustand (weil der Gleichrichter gerade sperrt) oder der Funken wird sehr schnell gelöscht, weil der Strom durch den Sperrwiderstand des Gleichrichters spätestens nach 1/100 sec auf Null gebracht wird.

In diesem Zusammenhang muß noch erwähnt werden, daß die Kontaktgabe durch den Quecksilbertropfen nicht schleichend ist, wie man annehmen könnte. Der Tropfen wird nämlich durch den eintauchenden Zahn der Zahnscheibe um einen kleinen Winkel hochgenommen und plötzlich losgelassen. Er rollt dann mit einem gewissen Schwung auf den nächsten Zahn zurück. Öffnen und Schließen erfolgen also schnell, was sich sowohl für die Lebensdauer als auch für die Erschütterungssicherheit günstig auswirkt.

Bild 8 zeigt ein Zählwerk, in das eine solche Kontakteinrichtung eingebaut ist. In dieser Weise läßt sich jedes beliebige Zählwerk zu einer Kontakteinrichtung vervollständigen.

Eine Kontakteinrichtung ist durch ihre Impulshäufigkeit, durch ihre Rückwirkung auf den Zähler sowie durch ihre Lebensdauer charakterisiert. Die beschriebene Kontakteinrichtung leistet max. 1 Impuls pro Anker-

angetriebenen Maximumzählern zur Anzeige des Maximums einen Zeiger. Im vorliegenden Falle ergeben sich jedoch konstruktive Vorteile bei Verwendung eines Zählwerkes. Man spart Platz und vermeidet sich kreuzende Achsen, die konstruktiv nicht angenehm sind. Außerdem

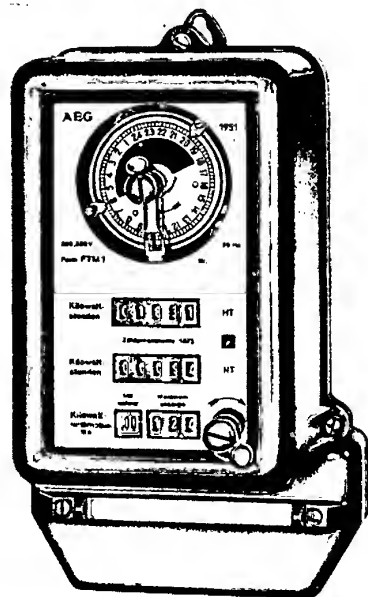


Bild 9 Ferngesteuerter Doppeltarif-Maximumzähler mit eingebauter Schaltuhr (Vorderansicht)

umdrehung. Sie erfordert dabei ein zusätzliches Drehmoment von $5 \cdot 10^{-3}$ cmg (zum Vergleich sei angegeben, daß die Lager- und Zählwerksreibung eines Drehstromzählers je nach Übersetzungsverhältnis des Zählwerks in der Größenordnung von $10 \dots 13 \cdot 10^{-3}$ cmg liegt). Die Reibungserhöhung hat damit eine Größe, die den Zähler nicht beeinflusst. Eine Abnutzung der Kontakteinrichtung konnte bisher auch nach vielen Millionen Schaltungen nicht festgestellt werden. Die Untersuchungen darüber laufen weiter.

Kontaktgesteuerte Zähler

Auf der Grundlage der beiden beschriebenen Bauelemente — Schrittschaltmotor und Kontaktvorrichtung — lassen sich die verschiedenartigsten Tarifgeräte aufbauen, zum Beispiel ein kontaktgesteuerter Maximumzähler. Dazu wird ein normaler Zähler mit der beschriebenen Kontaktvorrichtung ausgerüstet. Die von dieser erzeugten Impulse werden dem eigentlichen Maximumzähler zugeführt. Die Bilder 9 und 10 zeigen einen solchen Maximumzähler mit eingebauter Schaltuhr. Unten befindet sich der Anzeigenteil, bestehend aus drei vom Schrittschaltmotor angetriebenen Zählwerken, nämlich Hoch- und Niedertarifzählwerk, und — abweichend von der üblichen Bauart — einem Zählwerk zur Anzeige des Maximums. Üblicherweise verwendet man bei direkt

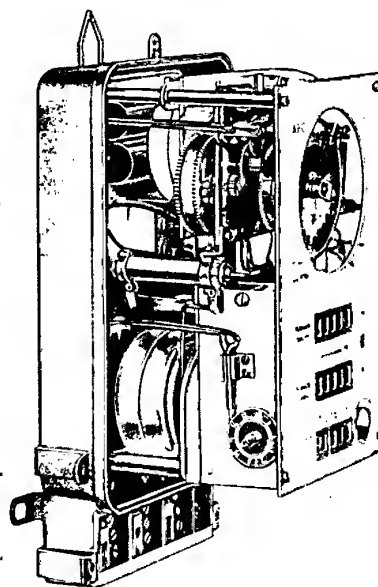


Bild 10 Ferngesteuerter Doppeltarif-Maximumzähler mit eingebauter Schaltuhr (Seitenansicht)

ist auch das Ablesen eines Zählwerkes einfacher. Der schleppende Zeiger ist ersetzt durch eine schleppende Zahlenrolle, die im Bild links unten sichtbar ist. Die Rückführung der schleppenden Zahlenrolle am Ende der 15-min-Meßperiode wird durch eine Feder bewerkstelligt,

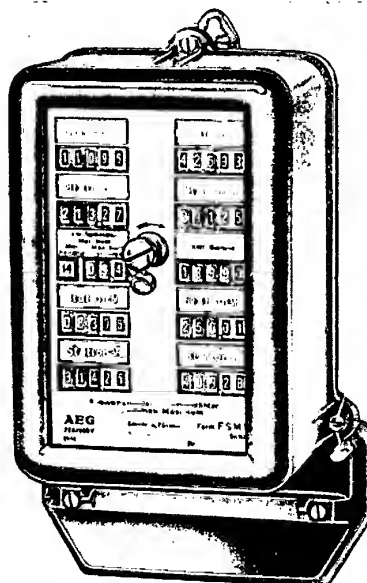


Bild 11 Summenzähler zur Anzeige der kWh-Summe und des Summenmaximums

die kräftig ausgeführt werden konnte, weil die Kraft zum Aufziehen dieser Feder vom Schrittschaltmotor geliefert wird. Die Rückstellzeit ist daher sehr kurz.

An der Schaltuhr ist bemerkenswert, daß sie von außen verstellt werden kann. Ein Öffnen des Gehäuses ist dabei nicht erforderlich. An Stelle der eingebauten

Schaltuhr kann eine getrennte Uhr verwendet werden. Grundsätzlich ist daher die Möglichkeit gegeben, einen vorhandenen Zähler und eine vorhandene Schaltuhr zu einem Maximummeßsatz durch Hinzufügen der Kontakteinrichtung und des Maximumanzeigergerätes zu ergänzen.

Ein weiteres kontaktgesteuertes Gerät ist der Summenzähler. Auch dabei erhalten die Zähler, deren Summe gebildet werden soll, die Kontaktvorrichtung. Der Summenzähler selbst (siehe Bild 11) erhält soviel Schrittschaltmotoren wie Summanden vorhanden sind. Über Differentiale werden dann die kWh-Summe sowie das Summenmaximum gebildet.

Weitere kontaktgesteuerte Geräte mit den gleichen Bauelementen sind registrierende oder druckende Maximumzähler sowie Maximumwächter.

Aussprache

Herr A. Renz, Dortmund: Die Schaltdose läßt nicht erkennen, ob das Impulsverhältnis trotz der feinen Zahnung des Kontaktrades einwandfrei (Idealfall 1:1) gewählt wurde. Bei extremer Abweichung nach der einen oder anderen Seite wird die Arbeitsweise des Empfangsrelais in Frage gestellt.

Vortragender: Das Verhältnis der Einschaltzeit zur Ausschaltzeit kann durch die Größe des Quecksilbertropfens beeinflusst werden. Bei der normalen Ausführung der Dose ist die Größe des Tropfens so gewählt, daß die Einschaltzeit länger als die Ausschaltzeit ist. Nachteile ergeben sich dadurch nicht, weil — auf Grund der Wirkungsweise des Schrittschaltmotors (Halbwellenschaltung) — ein fälschliches Weiterschalten unmöglich ist.

Fortschritte im Bau von Trockenspannungswandlern

Von R. Bauer

Wenn in der Schaltanlage aus irgendeinem Grunde Feuer ausbricht, so gilt es, im Interesse einer möglichst ungestörten Energieversorgung den Schaden so klein wie möglich zu halten. Man ist daher bestrebt, in allen Teilen der Anlage brennbare Materialien weitgehend zu vermeiden. Besonders gefährlich erscheint das Isolieröl, da es brandausweitend wirkt und durch starke Rußbildung das Isoliervermögen noch gesunder Anlagenteile gefährdet. Weitere Nachteile von ölisierten Wandlern sind die Gefahr eines Ausfalles durch Undichtwerden und die vorgegebene Einbaulage. Auch muß bei Transport, Lagerung und Einbau darauf geachtet werden, daß die Luft aus den Ausdehnungsräumen sich nicht an dielektrisch beanspruchte Stellen verlagert. Besonders die letztgenannten Nachteile haben wohl den öllösen Wandlern zu der Bezeichnung „Trockenwandler“ verholfen. Dieser Begriff umschreibt nur einen Teil der geforderten Eigenschaften, schließt also beispielsweise den Wunsch nach Nichtbrennbarkeit oder wenigstens nach Schwerbrennbarkeit nicht ein.

Für Stromwandler konnten verhältnismäßig schnell praktisch ideale Lösungen durch Verwendung von Porzellan als alleinigem Isoliermaterial gefunden werden. Auch Stromwandler mit Hartpapierisolierung sind als Trockenwandler zu werten, allerdings wegen der Menge an brennbarem Material nur bei wörtlicher Auslegung des Begriffs. Bei Spannungswandlern hingegen ist die Forderung wesentlich schwieriger zu erfüllen, da außer der Isolierung der Primärwicklung gegen die übrigen auf Erdpotential stehenden Teile auch innerhalb dieser Wicklung das volle Potentialgefälle isoliertechnisch beherrscht werden muß. Die ersten Spannungswandlerkonstruktionen, die den eingangs geschilderten Wünschen gerecht zu werden suchten, lösten diese zweifache Isolieraufgabe durch Verwendung von zweierlei Isoliermaterialien. Wie beim Stromwandler wurde zwischen Primärwicklung und den übrigen Wandleranteilen Porzellan angeordnet, das bei den zweipolig isolierten Wandlern die Hochspannungswicklung voll umschloß, bei den einpoligen dagegen an der Erdpotentialseite offen gelassen wurde. Das Innere des Porzellans und damit auch die Hochspannungswicklung wurde mit Isoliermassen ausgefüllt, wie sie bereits in der Kabeltechnik üblich waren. Es handelte sich dabei um Bitumenmassen oder um Harz-Vaseline-Dicköl-Gemische. Um die Menge der — natürlich brennbaren — Isoliermassen zu verringern, wurden die toten Räume teilweise mit Quarzsand oder ähnlichem ausgefüllt. Der Schmelz- bzw. Tropfpunkt dieser Massen lag je nach Zusammensetzung zwischen 40 und 135°C, so daß sie bei Temperaturen, wie sie in der Nähe eines Schadenfeuers auftreten, flüssig sind und dann ähnlich unangenehme Eigenschaften aufweisen wie Isolieröl.

Diese Wandler können damit bei solchen Temperaturen nicht mehr als trockenisoliert angesehen werden.

Besser waren in dieser Hinsicht Lösungen, bei denen lackartige Isolierstoffe Verwendung fanden. Da die Lacke aber Lösungsmittel enthielten, bei deren Ausdampfung Blasenbildung kaum zu vermeiden war, konnte die erforderliche dielektrische Festigkeit nur durch mehrfache Unterteilung der Wicklung erreicht werden, so daß ein recht komplizierter Porzellankörper erforderlich wurde.

Seit reichlich einem Jahrzehnt hat die chemische Industrie nun durch Entwicklung der härtbaren Stoffe dem Elektrotechniker neue Wege eröffnet. Es sind dies Materialien, die im Ausgangszustand bei normaler oder erhöhter Temperatur dünn- bis zähflüssig sind und — teilweise nach Hinzusetzen weiterer Stoffe — mit oder ohne Temperaturanwendung ausgehärtet werden können. Dann kann das Material nicht mehr geschmolzen werden. Die Aushärtung erklärt sich durch Bildung von dreidimensionalen Makromolekülen. Der Hauptbestandteil der Massen ist z. B. ein Styrol-, Ester- oder modifiziertes Äthylenoxyd-Polymerisat. Genaue Angaben über die Zusammensetzung sind heute aus naheliegenden Gründen noch nicht zu erhalten.

Für den Elektrotechniker ist besonders wichtig, daß die Härtung ohne Abspaltung flüchtiger Substanzen vor sich geht; denn erst damit ist eine der Voraussetzungen gegeben, einen Isolierstoffblock ohne Blasen herzustellen.

Es sind noch weitere Voraussetzungen zu erfüllen, um eine lunker-, blasen- und rissefreie Isolierung zu erzielen. Vor allem muß das Material im Füllzustand einen solchen Dampfdruck besitzen, daß ein Einbringen unter Vakuum möglich ist. Nur so kann vermieden werden, daß Luft- oder Feuchtigkeitsrückstände in der Wicklung verbleiben und zu Blasenbildung führen. Ferner soll der Stoff möglichst dünnflüssig sein, um ein völliges Durchdringen der übrigen für den Aufbau der Wicklung benötigten festen Isolierstoffe zu gewährleisten. Schließlich darf das Zusammenbringen der verschiedenen Stoffe nicht zum Freiwerden unerwünschter Reaktionsprodukte führen.

Beim Aushärten erleiden die Massen eine Volumenkontraktion, die sich je nach Stoffart und Aushärtebedingungen zwischen 0,8 und 10 % bewegt. Soll nun ein fester Körper, also im vorliegenden Fall die Primärwicklung, mit ihrer Grundisolation eingebettet werden, so besteht durch das Schwinden der Masse die Gefahr, daß innere Spannungen auftreten, die zu Rissen führen können. Weiterhin liegen die Ausdehnungskoeffizienten der gebräuchlichen Massen im ausgehärteten Zustand größenordnungsmäßig bei $60 \dots 100 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, wohingegen diejenigen von Kupfer etwa $16 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ und von Keramik etwa $3 \dots 5 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ betragen. Durch

diese Unterschiede besteht die Gefahr, daß bei langsamen oder plötzlichen Temperaturänderungen und beim Auftreten von Temperatursprüngen ebenfalls Rißbildung einsetzt. Die beiden zuletzt genannten Gefahrenmomente können durch Anwendung von Füllstoffen, wie Quarzsand, Glaspulver oder dergleichen etwas gemindert werden [1, 2]. Die Ideallösung jedoch ist die Anwendung von elastischen Isoliermassen [4].

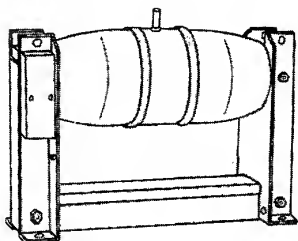


Bild 1 Einpoliger Trockenspannungswandler für 20 kV der Firma Moser-Glaser & Co. AG, Muttenz

Die dielektrischen Eigenschaften der blasenfreien polymerisierten Masse sind im allgemeinen hervorragend. Das gleiche gilt hinsichtlich der Beständigkeit gegenüber Feuchtigkeit, Ozon, Dämpfen und den in Frage kommenden Chemikalien.

Von den vielen großen und kleinen Teilproblemen, die bei der Einführung einer so neuartigen Technik beachtet und gelöst werden müssen, konnten vorstehend nur die wichtigsten erwähnt werden. Aber schon diese kleine Zusammenstellung läßt ahnen, welch umfangreiche Arbeit geleistet werden mußte, bis ein befriedigendes Resultat erzielt war. Es bedurfte der engen Zusammenarbeit zwischen Chemiker und Elektrotechniker, wobei der letztere die detaillierte Aufgabe stellt und die kritische Prüfung und Beurteilung übernimmt. Dem Chemiker fällt die sehr schwere Aufgabe zu, mit viel Geschick und Wendigkeit die Erfüllung der zahlreichen Wünsche des Elektrotechnikers zu erstreben. Aber auch Konstrukteure und Werkstattingenieure werden vor eine Reihe neuartiger Probleme gestellt. Dem Konstrukteur öffnen sich neue Wege in der Gestaltung des Wandlers.

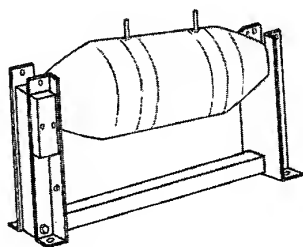


Bild 2 Zweipoliger Trockenspannungswandler für 20 kV der Firma Moser-Glaser & Co. AG, Muttenz

Seine hervorragendste Aufgabe muß es sein, eine Formgebung zu finden, die mit einfachsten Gießformen auskommen gestattet, gleichgültig ob verlorene oder Dauerformen verwendet werden.

Bisher sind Trockenspannungswandler mit polymerisierbaren Isolierstoffen von zwei Firmen entwickelt und beschrieben worden. Die Kürze des Referats erlaubt nicht, sämtliche Konstruktionen zu besprechen. Hier sollen nur einige typische Bauarten beschrieben werden. Hinsichtlich der übrigen wird auf die Literatur und die Listen der Firmen verwiesen.

Die Firma Moser-Glaser & Co. A.-G., Muttenz b. Basel, [3] hat Trockenspannungswandler herausgebracht, wie die Bilder 1 u. 2¹⁾ als Beispiel zeigen. Bild 1 zeigt einen einpolig isolierten Trockenspannungswandler, bei dem der Hochspannungsanschluß in der Mitte des in den gehärteten Kunststoff eingebetteten Wicklungsblocks vorgesehen ist. Als Isolierung dieses Potentials gegen den Eisenkern ist Luft vorgesehen. Demzufolge ist der Eisenkern weit ausladend ausgebildet. Bei dem zweipolig isolierten Trockenspannungswandler (Bild 2) ist Aufbau und Isolierung ähnlich. In beiden Fällen ist die Konstruktion so ausgebildet, daß der gehärtete Isolierstoff gleichzeitig den Schlagweitenteil bildet. Es muß erwähnt werden, daß die Firma auch ganz ähnliche Konstruktionen führt, bei denen jedoch als Material für den Schlagweitenteil Porzellan vorgesehen ist.

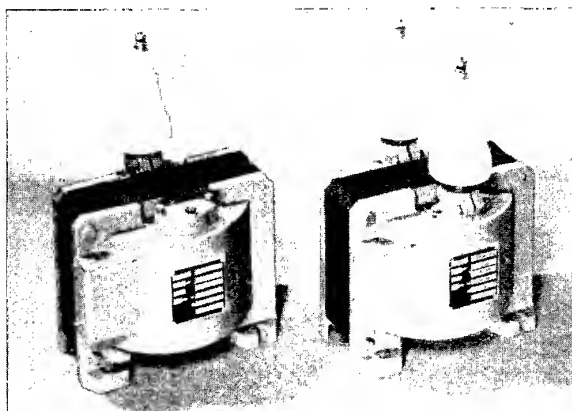


Bild 3 Trockenspannungswandler Reihe 10 S & H. Ein- und zweipolig isolierte Ausführung

Die Firma Siemens & Halske AG [4] hat eine Trockenspannungswandlerreihe für die Reihen 3...30 in 1- und 2poliger Ausführung entwickelt, die sich in ihrem äußeren Bild den bekannten Konstruktionen von Ölspannungswandlern anpassen. Bild 3 zeigt als Beispiel die Wandler der Reihe 10. Auch bei dieser Bauart ist für die Primärwicklung kein Porzellanmantel vorhanden. Für die Isolierung innerhalb der Primärwicklung und für diejenige zwischen Primär- und den übrigen Wandlerteilen wird einheitlich ein härtpbarer Kunststoff verwendet, so daß Gesamtisolierung und Primärwicklung einen in sich geschlossenen Block in Form eines Hohlzylinders bilden. Für den Schlagweitenteil wird zwecks Erzielung der erforderlichen Lichtbogen- und Verschmutzungsfestigkeit grundsätzlich Porzellan verwendet. Der oder die Porzellanisolatoren werden mit ihrem Schaft bei der Imprägnierung in den Isolierstoff mit eingebettet bzw. eingehärtet. Um eine dielektrische Reihenschaltung von Kunststoffen mit Luft und damit die Gefahr des Sprühens zu vermeiden, ist der Primärblock einschließlich der Isolatorschäfte mit einer dem Isolierstoff artverwandten Halbleiterschicht gleichen Ausdehnungsvermögens überzogen. Der Widerstand dieser Schicht ist so gewählt, daß sie eine echte Äquipotentialfläche bildet und doch die Meßeigenschaften nicht beeinflußt.

Im Innern des Primärwicklungsblocks wird, wie Bild 4 zeigt, die Sekundärwicklung angeordnet und beide mit einem Mantelkern umgeben. Zwei gleiche Gehäuseschalen, in denen die Sekundärklemmen abdeckbar angeordnet sind, übernehmen gleichzeitig den mechanischen Schutz und die gegenseitige Abstützung von Kern und Wicklungen.

¹⁾ Die Bilder 1 und 2 sind dem Bull. schweiz. Ver. 40 (1949) entnommen.

Besonderer Erwähnung bedarf, daß Siemens & Halske die vorhin erwähnten Probleme der Schrumpfung und der verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten dadurch gelöst haben, daß ein Kunststoff mit thermoelastischen Eigenschaften verwendet wird. Es handelt sich um ein

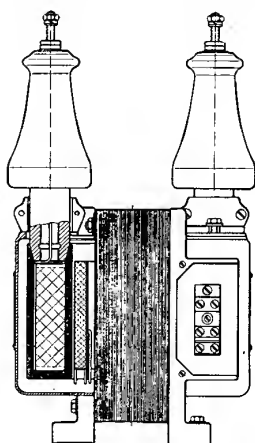


Bild 4 Trockenspannungswandler S & H;
Grundsätzlicher Aufbau

modifiziertes, vernetztes Styrol-Polymerisat mit relativ großer Maschenweite. Hierdurch wird erreicht, daß das Material im warmen Zustand gummielastisch ist. Bei tiefen Temperaturen geht der gummielastische Zustand in einen zähelastischen über. Dies ist so zu verstehen, daß der Isolierstoff eine gewisse Zeit benötigt, um nach Deformation seine Ursprungsform wieder zu erreichen.

Auf diese Weise wird Wärmestandfestigkeit in einer weiten, der Praxis angepaßten Temperaturspanne erreicht. Dadurch ist es auch erst möglich geworden, daß die Porzellanisolatoren mit Sicherheit rissefrei in den Kunststoff eingebettet werden können, obgleich ein theoretischer Unterschied in den Ausdehnungskoeffizienten Isolierstoff: Porzellan von mehr als 10 : 1 besteht.

Zum Schluß sei noch auf die Frage der Brennbarkeit der neuen Isolierstoffe eingegangen. Von Haus aus sind alle erwähnten neuen Massen CH-Verbindungen, und damit brennbar. Die Modifikation des von S & H verwendeten Isolierstoffes ist aber so abgestimmt, daß beim Wegnehmen der zum Brand führenden Flamme eine Selbstlöschung einsetzt. Im elektrischen Lichtbogen mit seinen extrem hohen Temperaturen ist keiner der im Wandlerbau verwendeten Stoffe beständig. Nun wird ein Kurzschlußlichtbogen aber nach Sekundenbruchteilen oder Sekunden abgeschaltet. Dann erlischt auch der Isolierstoff, wie ein eindrucksvoller Gewaltversuch experimentell bestätigt hat. Zudem ist der ganze Isolierstoffblock durch Metallschalen vollkommen nach außen abgeschirmt, so daß ein Lichtbogen erst diesen Schutzmantel durchbrennen müßte, ehe er an den Isolierstoff kommt. So sind durch die Ausnützung der neuen Möglichkeiten Trockenspannungswandler entstanden, die die eingangs geforderten Bedingungen praktisch in allen Punkten erfüllen.

Schrifttum

- [1] A. Imhoff: Einige Problemstellungen der Elektrotechnik an die Kunststoffchemie. Schweiz. techn. Z. 39 (1942) S. 626 ff.
- [2] H. v. Hippel u. L. G. Wesson: Polystyrol-Kunststoffe als Hochfrequenz-Dielektrika. Industr. Engng. Chem. 38 (1946) S. 1121.
- [3] A. Imhoff: Ein neuer Trockenspannungswandler. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 40 (1949) S. 409/410.
- [4] R. Bauer: Trockenspannungswandler mit thermoelastischem Isolierstoff. Siemens-Z. 25 (1951) S. 57/58.

Gruppe M III — Meßgeräte

Einführung

Von F. Moeller

Welchen Umfang die Entwicklung der elektrischen Meßtechnik auch in Deutschland wieder erreicht hat, ergibt sich am deutlichsten aus der Tatsache, daß die Zahl der Vortragsanmeldungen unter allen auf der diesjährigen Jahresversammlung vertretenen Fachgruppen bei der Meßtechnik an der Spitze liegt. Bei der Vielzahl der ständig neu auftretenden Aufgaben und der bei uns besonders dringlichen Forderung nach höchster Wirtschaftlichkeit in der Fertigung und im Betrieb ist diese Regsamkeit in der Meßtechnik auch natürlich. Während in den beiden anderen Sitzungen unseres Fachgebietes etwas mehr gerätetechnische Fragen behandelt werden, sollen hier einige Verfahren und zugehörige Schaltungsfragen Beispiele von der Entwicklung geben.

Schon die seit Jahrzehnten bekannten und benutzten Meßwerke haben noch keineswegs eine völlig endgültige Form, wie immer wieder auftretende Weiterentwicklungen, z. B. zum Kernmagnet- und Drehmagnetsystem, zeigen. In weit höherem Maße ist das bei den Meßschaltungen der Fall. Einer der am stärksten hervortretenden Gesichtspunkte scheint mir dabei zu sein, daß man sich bemüht, die ständig wachsende Zahl von Meßaufgaben durch Zusammenfassung zu bewältigen. Man erreicht das einmal dadurch, daß mehrere Meß- und ähnliche Aufgaben mit derselben Meßeinrichtung durchgeführt werden, also die Vielfalt der Anwendungsweise einer einzelnen Anordnung vergrößert wird. Zum anderen macht sich immer mehr die Notwendigkeit bemerkbar, durch Summierung oder Mittelwertbildung die Auswertung großer Zahlen von Einzelmessungen zu erleichtern und zu beschleunigen. Ein gutes Beispiel hierfür sind die von Ferrari entwickelten, statistisch arbeitenden Festmengengeräte. Beispiele für den erstgenannten Entwicklungsweg sind auch die drei Vorträge dieser Fachgruppe.

Zunächst benutzte man in der elektrischen Meßtechnik Geräte für die Messung einer bestimmten Größe, etwa der Stromstärke oder Spannung, und legte diese für nur einen Meßbereich aus. Der erste Schritt zur Mehrfachverwendung war die Ausrüstung der Geräte mit mehreren Meßbereichen. Es folgten kombinierte Strom- und Spannungsmesser, deren Vor- und Nebenschaltkreise zunächst getrennt angeordnet, später in das Gerät eingebaut wurden. Die bekannten kleinen und hand-

lichen Vielfachgeräte entwickelten sich dann durch Einfügen der inzwischen entwickelten Meßgleichrichter vom reinen Gleichstromgerät zu einem Universalgerät für die große Menge der Strom- und Spannungsmessungen in Werkstatt, Prüffeld und Montage. Der nächste Schritt, der im wesentlichen in den letzten 5 Jahren getan wurde, war dann, daß diese Geräte auch für Widerstandsmessungen, teilweise sogar auch für Gleich- und Wechselstrom brauchbar gemacht wurden.

Dieser eben für Strom- und Spannungsmesser der Betriebsklassen skizzierte Weg vom Einfach- zum universellen Vielfachgerät wurde auch bei vielen anderen Meßeinrichtungen in ähnlicher Weise beschritten. In besonderem Maße bemüht man sich seit Jahren beim Elektronenstrahl-Oszillographen um die endgültige Lösung des Mehrfachgerätes zur gleichzeitigen Aufzeichnung von zwei bis sechs verschiedenen Meßgrößen. Herr v. Ferroni wird uns über den gegenwärtigen Stand berichten. Von einem anderen Beispiel, das ebenfalls die Zusammenfassung mehrerer Aufgaben in derselben Schaltung behandelt, hören wir in dem Referat von Herrn Böning. Er wird quantitative Angaben für die gleichzeitige Verwendung von Ankopplungskondensatoren für leitungsgerichtete Trägerfrequenz-Übertragungen und für Meßzwecke bringen. Schließlich hören wir im Bericht von Herrn Denecke von einer nun der praktischen Verwendung zugeführten, an sich schon länger bekannten Meßschaltung, die zunächst für Zwecke der Phasemessung entwickelt wurde, aber im Prinzip die Möglichkeit der Erfassung weiterer Wechselstromgrößen mit derselben Einrichtung einschließt.

Auch andere Berichte, die zur Meßtechnik angemeldet waren, aber mit Rücksicht auf die beschränkte Zeit leider abgelehnt werden mußten, ließen die ange deutete Tendenz zur Zusammenfassung mehrerer Aufgaben im gleichen Gerät und zur gleichzeitigen Vereinfachung der Schaltungen erkennen. Genannt seien darüber hinaus von neu entwickelten Verfahren und Schaltungen noch solche zur Prüfung von Stromrichtern und Isolierölen, ferner zum Messen höchster Gleich- und Wechselspannungen. Ich glaube, wir können auch in diesem Jahr wieder sagen, daß die Meßtechnik weitere neue Aufgaben mit Erfolg aufgegriffen und Bekanntes zu weiterer Vervollkommnung geführt hat.

Entnahme kleiner Leistungen aus Wechselspannungsnetzen für Meßzwecke und zum Speisen von Telefoniegeräten

Von P. Böning

(Inhaltsangabe) Bei mäßigen Genauigkeitsansprüchen für die Messung können die in vielen Hochspannungsanlagen ohnehin vorhandenen Kopplungskondensatoren für leitungsgerichtete Trägerfrequenzübertragungen mit für Meßzwecke herangezogen werden. Unter diesem Gesichtspunkt wird die neuerdings wieder aktuelle Hochspannungsmessung über Spannungsteilerkondensatoren neu aufgegriffen. Aus der Auswertung speziell entwickelter Diagramme (vgl. ATM-Blatt V 3333-1; Mai 1951)

ergibt sich bei einigen vertretbaren Näherungen eine sehr einfache Gleichung für die Größe der zur Verfügung stehenden Leistung, die außer von Spannung, Frequenz und Kondensatorgröße vom Verhältnis der beiden in Reihe geschalteten Kapazitäten abhängig ist. Dieses liegt bei gebräuchlichen Ausführungen zwischen etwa 20 und 40. In Höchstspannungsanlagen und bei Verwendung von Kondensatoren von einigen 1000 pF Kapazität erhält man Leistungen von einigen 100 W.

Fortschritte auf dem Gebiet der Mehrfach-Elektronenstrahl-Oszillographie

Von E. v. Ferroni

1. Aufzeichnung mehrerer Meßgrößen mit dem Elektronenstrahl-Oszillographen

Bei der Untersuchung größerer Schaltungen und beim Arbeiten mit Gebern, die mechanische, optische oder akustische Größen in elektrische umwandeln, besteht oft das Bedürfnis, den zeitlichen Verlauf mehrerer Meßgrößen gleichzeitig zu betrachten oder aufzunehmen. Diese Aufgabe läßt sich mit dem Elektronenstrahl-Oszillographen nicht so einfach lösen wie mit dem Schleifen- oder Lichtstrahl-Oszillographen, da die Elektronenstrahlen an evakuierte Kolben gebunden sind. Um zu einer brauchbaren Lösung eines Mehrfach-Elektronenstrahl-Oszillographen zu gelangen, sind verschiedene Wege eingeschlagen worden, über die einleitend kurz berichtet werden soll.

Mehrere Einstrahlröhren mit optischer Vereinigung der Schirmbilder

Die röhrentechnisch einfachste Lösung besteht darin, normale Einstrahlröhren zu verwenden und ähnlich wie beim Mehrschleifen-Oszillographen jedem Vorgang eine Röhre zuzuordnen. Die Röhren werden dabei neben- und übereinander, bei einer größeren Anzahl von Meß-

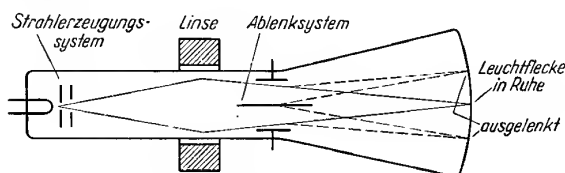


Bild 1 Prinzip einer Zweistrahlröhre mit Strahlaufteilung

kanälen mitunter auch in Gruppen zu verschiedenen Seiten des Oszillographen untergebracht. Eine gemeinsame Betrachtung oder Registrierung ist nur möglich, wenn mittels Linsen und Spiegeln die Leuchtschirme der verschiedenen Röhren auf eine gemeinsame Ebene abgebildet werden. Auf diese Art sind Vier- und Sechstraahl-Oszillographen, neuerdings sogar solche mit 15 Strahlen gebaut worden. Da die optische Anordnung einfacher wird, wenn nur gerade Linien und nicht zeitlich auseinandergezogene Kurven abgebildet werden, wird die zeitliche Auflösung bei diesen Oszillographen meist nicht in der Braunschen Röhre, sondern durch einen ablaufenden photographischen Film erreicht. Sie eignen sich daher mehr zur Aufzeichnung und weniger zur Beobachtung von Meßgrößen. Ein Vorteil dieser Anordnung ist, daß beim Ausfall eines Strahles nur die betreffende Röhre ausgewechselt zu werden braucht. Bei einer größeren Anzahl von Röhren ist die Optik derartiger Oszillographen allerdings nicht mehr ganz einfach.

Einstrahlröhren mit Elektronenschalter

Der Elektronenschalter hat die Aufgabe, an die Ablenkplatten einer Braunschen Röhre der Reihe nach verschiedene — meist jedoch nur zwei — Meßspannungen zu legen. Er besteht im allgemeinen aus einem Zweikanal-Verstärker und einem Multivibrator, dessen Rechteck-Steuerspannung abwechselnd den einen oder den anderen Kanal freigibt. Auf dem Leuchtschirm der Braunschen Röhre werden dann nacheinander Teile der ersten und der zweiten Meßgröße geschrieben. Es ist dabei günstig, wenn sich die Höhe der Umschaltfrequenz verändern und dadurch dem jeweiligen Meßvorgang anpassen läßt. Da keine gleichzeitige Darstellung der beiden Meßgrößen erfolgt, lassen sich hiermit in erster Linie periodische Meßwerte darstellen. Einmalige Vorgänge, die nur von kurzer Dauer sind, eignen sich nicht zur Aufzeichnung mit dem Elektronenschalter. Im Gegensatz zu dem vorhergehenden Verfahren eignet

sich das soeben geschilderte besser zur Beobachtung und weniger zur Registrierung. Ein Nachteil ist, daß stets über Verstärkerkanäle gearbeitet werden muß. Ein direkter Plattenanschluß ist nicht möglich. Von Vorteil ist dagegen, daß evtl. durch die Röhre bedingte Verzeichnungen bei beiden Vorgängen in gleicher Weise auftreten und daher bei einem unmittelbaren Vergleich der Kurven nicht stören.

Mehrstrahlröhren mit mehreren Einstrahlsystemen in einem Kolben

Durch Einbau von zwei oder mehreren Systemen in einen Kolben erhält man eine Röhre mit ebenso vielen voneinander unabhängigen Elektronenstrahlen. Derartige Oszillographenröhren sind in ihren Anwendungen sehr vielseitig. Periodische und einmalige Vorgänge lassen sich damit gleich gut aufnehmen oder beobachten. Auch können, da für jedes System Wehnelt-Zylinder und Zeitplatten vorhanden sind, die Meßgrößen mit verschiedener Zeitablenkung und Helligkeit dargestellt werden. Am bekanntesten sind nach diesem Prinzip gebaute Zweistrahlröhren. Häufig sind die Achsen der beiden Systeme gegeneinander geneigt, so daß sie auf die Mitte des Leuchtschirms treffen und sich jeder Strahl gleich weit über den Schirm aussteuern läßt. Dabei muß wegen des schiefen Schnittes eine geringe trapezförmige Verzeichnung in Kauf genommen werden.

Bei mehreren Systemen steigen die Schwierigkeiten des Zusammenbaues und der Unterbringung der vielen Sockelanschlüsse (über 40 Kontakte bei einer Fünfstrahlröhre). Auch die Abschirmung der Ablenkplatten und Zuleitungen gegeneinander ist nicht einfach. Gegenseitige Kapazitäten in der Größenordnung von 0,1 pF sind unvermeidlich.

Mehrstrahlröhren mit Strahlaufteilung

Durch Ausblenden mehrerer Strahlen aus einem einzigen Strahlenbündel lassen sich Mehrstrahlröhren bauen, die nur ein Strahlerzeugungssystem benötigen und daher wesentlich einfacher im Aufbau sind als die vorher besprochenen Röhrensysteme. Außerdem läßt sich eine bessere Übereinstimmung hinsichtlich der Helligkeit und der Achsrichtungen der einzelnen Strahlen erzielen. Da alle Leuchtflecke gleichzeitig auf dem Schirm vorhanden sind, eignen sich derartige Röhren gleich gut zur Darstellung sowohl periodischer als auch einmaliger Vorgänge.

Oszillographenröhren mit Strahlaufteilung unterscheiden sich nach der jeweils verwendeten Elektronenoptik. Prinzipiell kann entweder eine für alle Strahlen gemeinsame oder eine für jeden Strahl getrennte Optik verwendet werden. Im ersten Falle wird die Strahlenquelle in demselben Punkt des Leuchtschirms mehrfach abgebildet. Erst beim Anlegen von Ablenkspannungen werden die Strahlen bzw. Leuchtflecke einzeln sichtbar. Im zweiten Falle erfolgt dagegen die Abbildung der Strahlenquelle in mehreren nebeneinander liegenden Punkten. Die auf dem Leuchtschirm dargestellten Kurven liegen dann schon von vornherein um bestimmte Abstände auseinander. In Bild 1 und 2 sind diese beiden Möglichkeiten an einem Zweistrahl- und einem Mehrstrahlsystem schematisch dargestellt. Um das abbildende System nicht zu weit ausfüllen zu müssen, ist in Bild 1 an Stelle einer räumlich begrenzten elektrischen eine magnetische Linse angenommen. Bei der Mehrstrahlröhre des Bildes 2 wurde überhaupt von einer sphärischen Optik abgegangen und an ihrer Stelle eine Anordnung mit gekreuzten Zylinderlinsen verwendet.

Mit dieser von Hinderer angegebenen Anordnung wird erreicht, daß das Strahlenbündel am Ort des

mehrfachen vertikalen Ablenkensystems eine große Ausdehnung in der vertikalen Richtung hat, um alle Ablenkvorrichtungen zu überdecken, trotzdem aber nur eine geringe horizontale Ausdehnung besitzt. Ein weiterer wesentlicher Vorteil ist in der Verwendung mehrerer Zylinderlinsen mit geringerer Öffnung an Stelle einer einzigen weitgeöffneten Linse zu sehen. Der Strahlengang einer derartigen Mehrstrahlröhre ist in Bild 2 der Einfachheit halber unter der Annahme von Glaslinsen gezeichnet. Die erste Zylinderlinse für sich allein würde die Strahlenquelle auf dem Schirm als vertikalen Strich abbilden. Durch das Hinzukommen der zweiten Vierfach-Zylinderlinse werden ebenso viele Teile des Striches wie Linsen vorhanden sind zu Punkten zusammengezogen, so daß nunmehr die Strahlenquelle vierfach auf dem Schirm abgebildet wird. Trotz der Aufteilung des Elektronenbündels besitzen diese Mehrstrahlröhren eine gute Helligkeit, da die bildseitigen Öffnungswinkel und die Abbildungsgüte etwa der einer Einstrahlröhre entsprechen. Die Y-Ablenkvorrichtung ist bei dieser Anordnung mit der Mehrfach-Zylinderlinse kombiniert. Die für alle Strahlen ge-

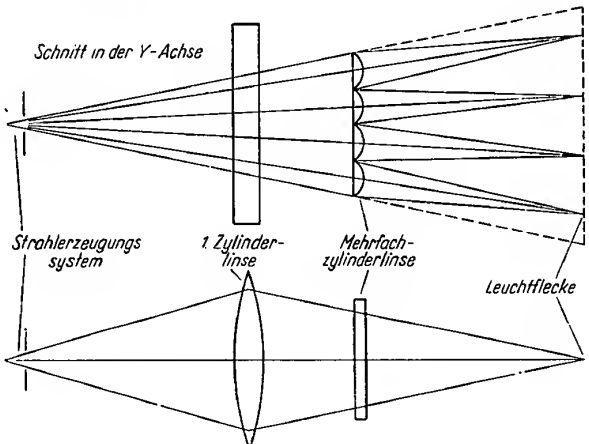


Bild 2 Strahlenteilung einer Mehrstrahlröhre mit gekreuzten Zylinderlinsen

meinsamen X-Platten liegen unmittelbar davor. Von gewöhnlichen Elektronenstrahlröhren unterscheidet sich diese Art von Mehrstrahlröhren nur durch die Bedienung von zwei Scharfeinstellungen an Stelle einer einzigen. Derartige Röhren sind bereits während der letzten Kriegsjahre versuchsweise mit insgesamt sechs Strahlen gebaut worden.

2. Vierstrahlröhre nach Hinderer

Die neuerdings bei Siemens & Halske hergestellte Vierstrahlröhre V 113 arbeitet nach dem zuletzt beschriebenen Prinzip. Sie hat einen Schirmdurchmesser von 13 cm und eine durch die optische Anordnung bedingte Baulänge von etwa 55 cm. Wie in Bild 3 zu erkennen ist, wird bei dieser Röhre die erste Zylinderlinse von zwei gegenüberstehenden Platten gebildet, die gegen die beiden zylindrischen Wandbeläge im Kolbenhals schwach negativ aufgeladen sind. Die zweite mehrfache Zylinderlinse wird durch das Vierfachablenksystem in Verbindung mit dem positiv geladenen Wandbelag gebildet, der sich in dem erweiterten Kolbenteil zwischen Platten und Schirm befindet. Die vier Meßplatten sind unsymmetrisch, einpolig geerdet ausgeführt. Vor den Meßplatten sind, wie schon erwähnt, die für alle vier Strahlen gemeinsamen symmetrischen Zeitplatten angeordnet. Alle Ablenkplatten sind zu seitlichen Anschlüssen herausgeführt, so daß die gegenseitigen Kopplungen der Zuführungsleitungen sehr klein sind.

Einige spezielle Probleme waren bei der Konstruktion des Mehrfachablenksystems zu lösen: Der zur Verfügung stehende Raum mußte möglichst gut ausgenutzt

werden, um einen großen bildseitigen Öffnungswinkel zu erzielen. Um eine unmittelbare Beeinflussung benachbarter Systeme zu vermeiden, mußte das Streufeld der Meßplatten, das bei gewöhnlichen Röhren einen merklichen Anteil an Ablenkempfindlichkeit liefert, durch Abschirmung ausgeschaltet werden. Zur Ver-

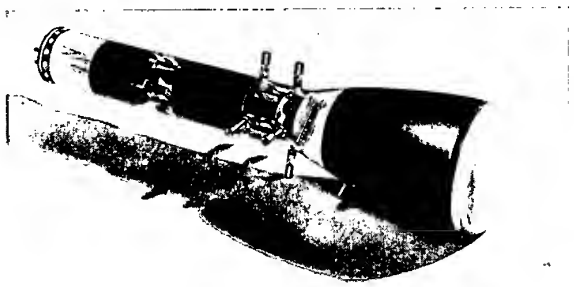


Bild 3 Vierstrahlröhre nach Hinderer

meidung von Randstörungen bei großen Amplituden der Zeitablenkung wurden ferner die Ablenkplatten am Rande abgebogen und gegenseitig verzahnt.

Die Leuchtflecke liegen auf dem Schirm im unausgelenkten Zustand in einem Abstand von 20 mm übereinander. Je zwei benachbarte Strahlen können mit Hilfe der Punktlagespannungen zur Deckung gebracht werden. Die größte Aussteuerbarkeit der Strahlen beträgt in der X-Richtung etwa ± 45 mm und in der Y-Richtung etwa ± 20 mm. Größere Ausschläge sind auch kaum erforderlich, da sonst die Kurven zu sehr ineinandergeschrieben werden. Bei einer Anodenspannung von 2 kV und einer Nachbeschleunigungsspannung von 4 kV (gegen Kathode) betragen die Ablenkempfindlichkeiten in den beiden Koordinatenrichtungen etwa $S_x = 0,2$ mm/V und $S_y = 0,14$ mm/V. Es ist ein wesentlicher Vorzug der Hinderer-Röhre, daß sich gleiche Empfindlichkeiten und

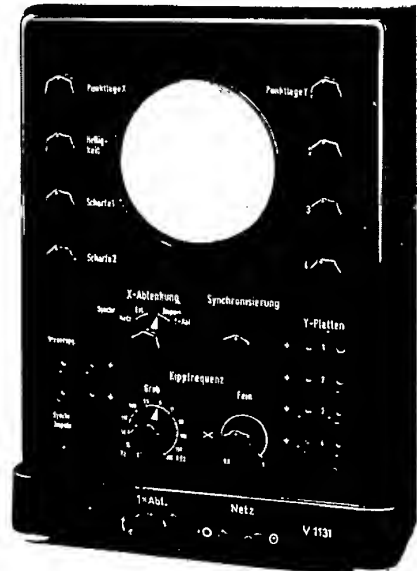


Bild 4 Vierstrahl-Oszillograph

eine gute Übereinstimmung in den Achsrichtungen der vier Strahlen aus dem Aufbau der Röhre ergeben und nicht besonders eingestellt zu werden brauchen.

3. Mehrstrahl-Oszillograph mit Vierstrahlröhre

Der in Bild 4 gezeigte Vierstrahl-Oszillograph enthält außer der eben besprochenen Vierstrahlröhre einen Zeitablenkkreis, der die Sägezahnspannung zur

zeitproportionalen Ablenkung der Strahlen in der X-Richtung liefert, und die zum Betrieb erforderlichen Netzteile. Bei der Entwicklung des Zeitablenkkreises wurde auf große Vielseitigkeit Wert gelegt, um die Zeitablenkung den verschiedensten Meßspannungen anpassen zu können. Kontinuierlich verlaufende Vorgänge, die sich, wie z. B. der gewöhnliche Wechselstrom, dauernd wiederholen, werden gewöhnlich mit Hilfe einer ebenso kontinuierlich arbeitenden Sägezahnspannung zeitlich auseinander gezogen. Kurze impulsartige Vorgänge, auf die eine längere Pause folgt, erfordern dagegen eine Zeitablenkung, die ebenfalls nur kurze

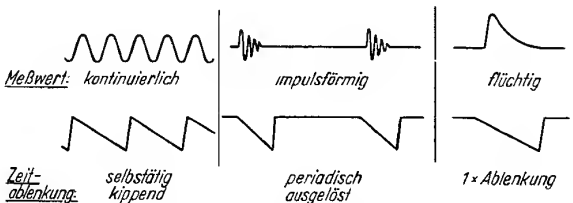


Bild 5 Verschiedene Betriebsarten des Zeitkreises

Zeit wirksam ist und sich danach eine Zeitlang in Ruhe befindet. Dabei muß sich die Zeitdehnung unabhängig von der Impulsfrequenz einstellen lassen, damit der Vorgang wahlweise mehr oder weniger auseinandergezogen werden kann. Damit die Zeitablenkung bei diesem Impulsbetrieb genau synchron zum Vorgang verläuft, darf sie nicht selbsttätig kippen, sondern immer nur dann, wenn sie vom Vorgang selbst oder von einer besonderen Steuerspannung ausgelöst wird. Einen Grenzfall dieser Betriebsweise stellt die einmalige Ablenkung dar, die dann gebraucht wird, wenn es sich um die Aufzeichnung eines flüchtigen, nur einmal ablaufenden Vorganges handelt. Diese Art der Zeitablenkung wird meist mit einer fotografischen Aufnahme des Schirmbildes kombiniert. Die Zeitablenkung spielt sich dabei so ab, daß die vier Schreibfleck nur während der Ablenkung aufgehell werden, während der übrigen Zeit aber dunkel sind, so daß eine Vorbelichtung des Filmes nicht erfolgen kann. Einen Überblick über die verschiedenen hier angedeuteten Betriebsmöglichkeiten gibt die schematische Darstellung in Bild 5.

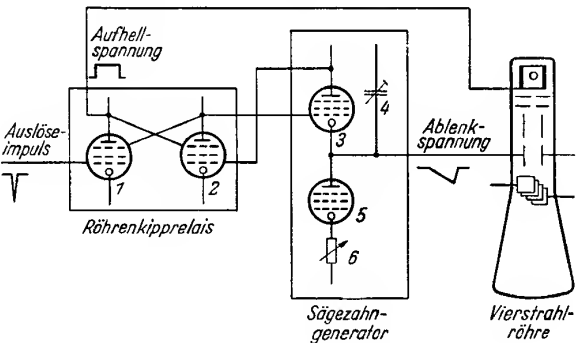


Bild 6 Arbeitsweise des Zeitkreises bei Impulsbetrieb

Die prinzipielle Arbeitsweise des Zeitablenkkreises bei Impulsbetrieb und einmaliger Ablenkung läßt sich aus Bild 6 entnehmen. Der Ladekondensator 4 des Sägezahngenerators wird während der Wartezeit durch die Entladeröhre 3 entladen gehalten. Beim Eintreffen eines Auslöseimpulses spricht ein Röhrenkipprelais an, wobei die ursprüngliche stromführende Röhre 1 gesperrt und die vordem stromlose Röhre 2 geöffnet wird. Die an den Anoden entstehenden positiven und negativen Spannungssprünge hellen die Vierstrahlröhre auf und sperren die Entladeröhre, so daß der Kondensator 4 über die Laderöhre 5 einmal aufgeladen wird. Sowie

der Entladevorgang beginnt, fällt das Röhrenkipprelais in seine Ausgangsstellung zurück, in der es bis zum Eintreffen eines neuen Auslöseimpulses verharrt. Die Kippfrequenz wird in üblicher Weise durch Umschalten des Ladekondensators 4 und Verändern des Ladestromes z.B. durch einen Kathodenwiderstand 6 eingestellt. Sie läßt sich bei Impulsbetrieb von 3 Hz bis 50 kHz, bei kontinuierlichem Betrieb bis etwa 170 kHz verändern.

Die Meßspannungen werden vorn am Oszillographen angeschlossen und über frequenzunabhängige Spannungsteiler (in Bild 4 nicht enthalten) an die vier Ablenkplatten geführt, um Übersteuerungen der Strahlen zu vermeiden. Außerdem kann man die Meßplatten auch noch unmittelbar mit der Meßschaltung über vier seitliche Buchsen verbinden. Verstärker wurden wegen der für die verschiedenen Anwendungsgebiete oft sehr unterschiedlichen Anforderungen nicht eingebaut. Sie können zusätzlich außen angeschlossen werden. Ein Muster des beschriebenen Gerätes ist auf der Industrie-Ausstellung 1951 in Hannover gezeigt worden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß mit dem Vierstrahl-Oszillographen dem Labor- und Prüffeld-Ingenieur ein Meßgerät in die Hand gegeben wird, das ihn in die Lage versetzt, durch gleichzeitige Aufzeichnung mehrerer Meßwerte Zeit zu sparen und die Genauigkeit der oszillographischen Untersuchungen zu erhöhen.

Aussprache

Herr R. Strigel, Nürnberg: Es interessiert noch die Schreibgeschwindigkeit dieser Mehrfach-Elektronenstrahlröhre im derzeitigen Entwicklungszustand.

Vortragender: Mit blauem Leuchtschirm, blauempfindlichen Ultrarapidplatten, einer Verkleinerung 1:3 und einer lichtstarken Optik mit einer rel. Öffnung 1:1,5 wurden bis zu 50 km/s Schreibgeschwindigkeit erreicht. Mittelwerte können noch nicht angegeben werden, da noch nicht genügend Röhren untersucht wurden.

Herr M. Kassel, Berlin: Welcher Spannungsschwellwert einmaliger Impulse ist erforderlich, um den einmaligen Sägezahn anzustoßen, und wie groß ist die Laufzeit zwischen diesem Anstoß und dem Beginn der Ablenkung?

Vortragender: In der Bedienungsanleitung werden —50 V angegeben, welche mit Sicherheit auslösen; häufig genügen schon —20 V. Vom Erreichen des Schwellwertes bis zum Beginn der Ablenkung vergehen etwa 0,5 µs.

Herr P. Maurer, Karlsruhe: Welche Vor- und Nachteile besitzt die Mehrfachröhre gegenüber einer Einstrahlröhre mit Elektronenumschalter?

Vortragender: Ein Elektronenumschalter ist zusammen mit einem Einstrahlloszillographen zwar billiger, aber dafür nicht so vielseitig wie ein Mehrstrahl-loszillograph. Über die durch die Eigenschaften des Umschalters gegebenen Grenzen dieses Verfahrens wurde bereits im Fachbericht gesprochen. Meist sind auch Elektronenumschalter nur zur Darstellung von 2 Vorgängen eingerichtet. Bei der Aufzeichnung mehrerer Kurven nach dem Umschaltverfahren macht sich bereits eine Einbuße an Helligkeit bemerkbar, während bei Mehrstrahlröhren jeder Strahl volle Helligkeit besitzt.

Herr H. Braun, Mülheim/Ruhr: Wie groß ist bei Impuls-Oszillographie die gegenseitige Beeinflussung der verschiedenen Systeme?

Vortragender: Die Teilkapazität zwischen zwei Ablenkssystemen beträgt etwa 0,1 pF. Damit läßt sich bei einem vorgegebenen Ableitwiderstand die im Nachbarsystem influenzierte Spannung berechnen. Soll die gegenseitige Beeinflussung bei höheren Frequenzen einen bestimmten Wert nicht überschreiten, dann müssen die

Ableitwiderstände an den Platten entsprechend gewählt werden. Diese Forderung wird meist schon von selbst erfüllt, da hochfrequente Kreise, z.B. Verstärker, ohnehin niederohmig abgeschlossen werden.

Herr P. Hochhäusler, Honnef: Bei der gezeigten Vierstrahlröhre ist der Verstärker wohl schon aus dem Grunde erforderlich, weil die vier Ablensysteme einpolig verbunden sind.

Vortragender: Zunächst sei bemerkt, daß die unsymmetrische Anordnung der Ablenkplatten nicht zwangsläufig mit dem Prinzip der Strahlaufteilung zu-

sammenhängt. Sie wurde bei der gezeigten Ausführung gewählt, um die Zahl der seitlichen Anschlüsse zu verringern. Eine symmetrische Anordnung ließe sich jedoch ebenfalls verwirklichen.

Durch Anwendung eines Verstärkers mit Gegentakteingang können selbstverständlich auch symmetrische Meßspannungen an unsymmetrische Ablenkplatten angeschlossen werden. Sehr viele der zu oszillographierenden Vorgänge sind jedoch einpolig geerdet, so daß sich aus der unsymmetrischen Anordnung der Ablenkplatten kein besonderer Nachteil ergeben dürfte.

Neue Verfahren zur Messung des Phasenwinkels und der Frequenz

Von W. Denecke

Der Messung des Phasenwinkels kommt in der Praxis eine ständig steigende Bedeutung zu; teils in der Energieversorgung zur wirtschaftlicheren Ausnutzung der vorhandenen Leitungen, teils bei den mittleren und kleineren Verbrauchern, wo insbesondere die modernen Leuchtstoffröhren und ihre vorgeschalteten Drosselspulen den Phasenwinkel sehr ungünstig beeinflussen. Bei der üblichen Frequenz von 50 Hz finden zur Messung des Phasenwinkels im allgemeinen direkt anzeigende Instrumente Verwendung, die nach dem dynamometrischen bzw. Kreuzspul-Prinzip aufgebaut sind. Der Nachteil dieser Geräte liegt in der Abhängigkeit der Richtkraft von der Betriebsspannung und besonders von der Stromstärke, so daß bei kleinen Meßströmen erhebliche Fehler entstehen können. Außerdem sind diese Geräte infolge der 90°-Verschiebung frequenzabhängig. Ihr bisheriger Vorteil liegt in der direkten Anzeige des Phasenwinkels, bzw. des „cos φ“.

Im folgenden soll ein Verfahren beschrieben werden, das es gestattet, unter Verwendung einfachster Schaltelemente und eines Drehspulgerätes als Anzeigegerät den Phasenwinkel zwischen Strom und Spannung oder bei entsprechender Dimensionierung zwischen zwei Strömen oder zwei Spannungen zu messen. Bei zweckentsprechender Schaltung können mit dem gleichen Verfahren auch andere elektrische Größen, insbesondere die Frequenz bestimmt werden.

Das Verfahren beruht darauf, daß mit Hilfe von ohmschen Widerständen aus Strom und Spannung zwei gleich große Vergleichsspannungen U_u und U_i abgeleitet werden, deren geometrische Summe oder Differenz jeweils im Bereich von 0° ... ±180° ein Maß für den Phasenwinkel ist (Bild 1)

$$\Sigma U = U_u + U_i = 2 U \cdot \cos \frac{\varphi}{2}$$
$$\Delta U = U_u - U_i = 2 U \cdot \sin \frac{\varphi}{2}$$

Diese Summen- bzw. Differenzspannung wird über einen Gleichrichter einem Drehspulgerät zugeführt, dessen Skala in elektrischen Winkelgraden oder in Leistungsfaktoren „cos φ“ geeicht werden kann.

In dem Grundsaltbild (Bild 2) ist die Bildung der Summen- bzw. Differenzspannung und der Anschluß des Meßgerätes dargestellt. Der Spannungspfad besteht aus dem Stufenwiderstand R_{u1} (Meßbereichswähler), dem Regelwiderstand R_{u2} (Feinregler) und dem Festwiderstand R_{u3} , an dem die Vergleichsspannung U_u abgegriffen wird. In der Stellung U des Schalters S_1 wird diese Spannung dem Meßinstrument zugeführt und mittels R_u auf einen Eichpunkt eingestellt. Im Strompfad befindet sich der stufenweise einstellbare Reihewiderstand R_{i1} (Meßbereichswähler), parallel dazu die Reihenschaltung von R_{i2} (Feinregler) und R_{i3} , an dem die Vergleichsspannung U_i abgegriffen und in Stellung I des Schalters S_1 mittels des Feinreglers auf die gleiche Eichmarke ein-

gestellt werden kann. In der Stellung M wird von dem Meßinstrument entweder die Summenspannung ΣU (Schalter S_2 auf Σ) oder die Differenzspannung ΔU (Schalter S_2 auf Δ) angezeigt. Da in den Meßkreis noch ein Gleichrichter eingeschaltet ist, wird nur der Absolutwert der Summen- bzw. Differenzspannung angezeigt, eine Entscheidung über die Richtung dieser Spannung

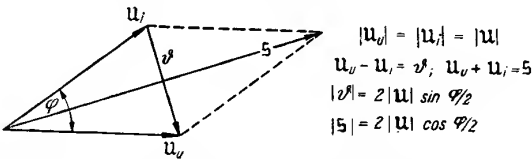


Bild 1 Vektorielle Darstellung von Summen- und Differenzspannung bei amplitudengleichen Vergleichsspannungen

und somit über das Vorzeichen des Phasenwinkels ist also nicht möglich. Ist diese Entscheidung nicht schon auf Grund der Eigenschaften des angeschlossenen Verbrauchers gegeben, so muß eine zusätzliche Prüfeinrichtung eingeschaltet werden, die im einfachsten Falle aus einer kleinen, parallel zum Verbraucher liegenden Kapazität besteht. Wird bei eingeschaltetem Kondensator der Phasenwinkel kleiner, so lag eine induktive, im anderen Falle eine kapazitive Belastung vor.

In der beschriebenen Form ist das Meßverfahren weitgehend frequenzunabhängig bis an die Frequenzgrenze des Gleichrichters. Bei der Entscheidung, ob mit

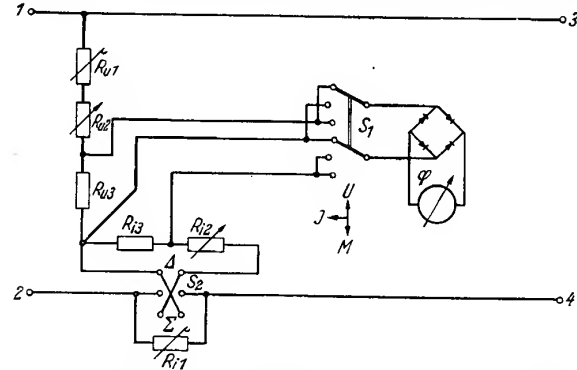


Bild 2 Prinzipschaltung zur Erzeugung der Summen- oder Differenzspannung

Summen- oder Differenzspannung gemessen werden soll, ist zu beachten, daß die Sinusfunktion, die in der Differenzspannung enthalten ist, sich in der Nähe von 0° stärker ändert als die Cosinusfunktion der Summenspannung und daß bei den meist vorkommenden Verhältnissen der cos φ zwischen 0,5 und 1 schwankt. Andererseits ist bei der Wahl der Differenzspannung zur Anzeige des Phasenwinkels zunächst noch ein syste-

matischer Fehler vorhanden, indem durch den Meßbereichwähler R_{i1} der Phasenwinkel des Verbrauchers verfälscht wird. In der Summenschaltung liegt der Widerstand R_{i1} vom Netz aus betrachtet vor der Meßanordnung, so daß hier keine Beeinflussung des Verbrauchers auftritt. Um die Vorteile beider Schaltungen zu vereinigen, wird parallel zu dem Festwiderstand R_{u3} ein Transformator geschaltet, dessen primäre oder sekundäre Anschlüsse vertauscht sind; hierdurch wird die Vergleichsspannung U_u um 180° gedreht und es wird trotz äußerer Summenschaltung die Differenzspannung oder umgekehrt gemessen.

Um bei der Bildung von Resonanzkreisen und insbesondere der Beschaltung von induktiven Verbrauchern mit Kapazitäten das Vorzeichen des angeschlossenen

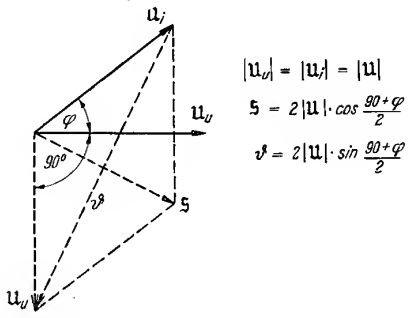


Bild 3. Vektorielle Darstellung von Summen- und Differenzspannung bei zusätzlicher 90° -Verschiebung

Verbrauchers sofort zu erkennen, wurde das bisherige Verfahren unter bewußtem Verzicht auf Frequenzunabhängigkeit und unter Verzicht auf die Messung von Winkeln über 90° erweitert. Die Vergleichsspannung U_u wird um 90° kapazitiv gegenüber ihrer Ursprungslage gedreht (Bild 3), dadurch wird bei $\varphi = 0^\circ$ $\Sigma U = \Delta U = |U| \cdot \sqrt{2}$, d. h. der Nullpunkt der neuen Skala liegt an der Stelle des 90° -Punktes der ersten Skala. Hierdurch ist die Möglichkeit der unmittelbaren Messung von induktiven und kapazitiven Phasenwinkeln gegeben. Bei kapazitiver Belastung wird der Ausschlag des Instrumentes größer bis maximal $2|U|$ bei 90°_{kap} , bei induktiver Belastung geht der Ausschlag bei 90°_{ind} auf Null zurück. In der Grundschaltung (Bild 4) ist die zusätzliche 90° -Verschiebung durch eine Phasenregelbrücke

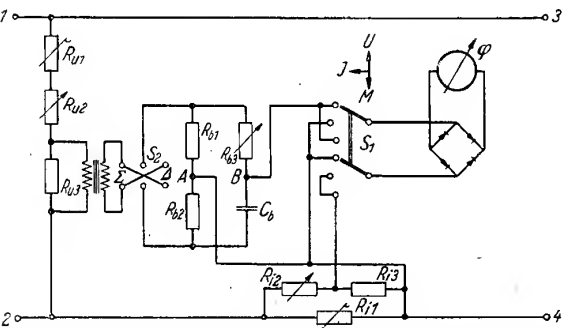


Bild 4. Prinzipschaltung zur Erzeugung der Summen- oder Differenzspannung mit zusätzlicher Phasenregelbrücke

einstellbar. Die äußere Schaltung ist für eine Summenmessung ausgelegt. Durch den Umschalter S_2 können wahlweise die sekundären Anschlüsse des Transformators vertauscht werden, um auch mit der Differenzspannung arbeiten zu können. An den Punkten A und B wird die Vergleichsspannung U_u abgenommen und mittels des Widerstandes R_{b3} der Phasenregelbrücke

um 90° gegenüber der ursprünglichen Spannung U gedreht. Durch diese Einstellung können gleichzeitig Frequenzänderungen kompensiert werden. Im übrigen entspricht die Schaltung in ihrer Wirkungsweise vollkommen derjenigen nach Bild 2. Es sind jedoch zwei wesentliche Vorteile erreicht worden. Ist der Widerstand R_{b3} ausgeschaltet, so werden die Winkel im Bereich von $0^\circ \dots \pm 180^\circ$ gemessen; eine geringe Verstellung von R_{b3} bewirkt eine zusätzliche kapazitive Spannung, die wie früher der Zusatzkondensator eine Veränderung der Anzeige bewirkt. Bei Einschaltung von R_{b3} ist eine eindeutige Kennzeichnung des Vorzeichens des Phasenwinkels im Bereich von $-90^\circ \dots \pm 0^\circ \dots +90^\circ$ vorhanden.

Wie schon erwähnt, war bei den bisher gebräuchlichen Phasenwinkelmeßgeräten die Richtkraft abhängig von Strom und Spannung. Das erste nach dem beschriebenen Verfahren gebaute Laborgerät hatte einen Spannungsbereich von $3 \dots 450$ V und einen Strombereich von $0,5 \dots 5$ A. Eine Erweiterung der Meßbereiche nach oben ist durch Vorwiderstände oder Spannungswandler und Stromwandler möglich. Die Genauigkeit der Anzeige ist bei allen Meßbereichen gleich groß, sie hängt lediglich von der Unsicherheit der Einstellung der beiden Vergleichsspannungen ab.

Die Eichung erfolgte im Vergleichsverfahren mit einem Vektormesser der AEG, dessen Meßgenauigkeit mit $\pm 0,1^\circ$ angegeben ist. Die erzielte Genauigkeit der Anzeige des Phasenwinkels im mittleren Bereich des Instrumentes betrug $\pm 0,5^\circ$. Die Einstellung der Phasen-

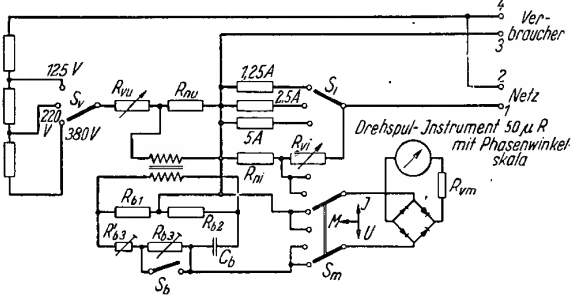


Bild 5. Gesamtschaltung des ausgeführten Gerätes
Leg. am Anzeigeinstrument richtig: „50 μ A“

brücke wird durch wahlweises Messen der Summen- und Differenzspannung sehr erleichtert, da bei $\varphi = 0^\circ$ und künstlicher 90° -Verschiebung die Bedingung besteht: $\Sigma U = \Delta U$. — Bild 5 zeigt die Schaltung eines nach dem beschriebenen Verfahren von der Firma Gebrüder Ruhstrat gebauten Gerätes. Mittels des Umschalters S_b können die beiden schon erwähnten Meßbereiche eingestellt werden. Der Widerstand R_{b3} dient dazu, den induktiven Einfluß des Transformators zu kompensieren. Der Meßbereich ist den praktischen Verhältnissen angepaßt, im Spannungspfad 125, 220, 380 V mit entsprechender Regulierungsmöglichkeit, im Strompfad $0,5 \dots 5$ A. In beiden Fällen ist die Möglichkeit der Erweiterung der Meßbereiche durch Vorwiderstände und Stromwandler gegeben. Bild 6 zeigt noch die äußere Ansicht des Gerätes.

Das beschriebene Verfahren gestattet nicht nur, den Phasenwinkel zu messen, es können auch nach dem gleichen Prinzip Induktivitäten, Kapazitäten, Wirkwiderstände und besonders leicht Frequenzen gemessen werden. Wird der Phasenmesser mit einer Reihenschaltung, bestehend aus R, L und C abgeschlossen, so gilt für den Tangens des Phasenwinkels dieser Schaltung

$$\text{tg } \varphi = \frac{\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C}}{R}$$

Daraus folgt zur Messung der Induktivität (bei $C = \infty$)

$$L = \frac{\operatorname{tg} \varphi \cdot R}{\omega}$$

zur Messung der Kapazität (bei $L = 0$)

$$C = -\frac{1}{\operatorname{tg} \varphi \cdot R \cdot \omega}$$

zur Messung des Wirkwiderstandes (bei Anwesenheit von L oder C)

$$R = \frac{\omega L}{\operatorname{tg} \varphi} \text{ oder } R = \frac{1}{\omega \cdot C \cdot \operatorname{tg} \varphi}$$

und zur Messung der Frequenz

$$f = \frac{R}{4 \pi L} \cdot \operatorname{tg} \varphi \pm \frac{1}{2 \pi} \sqrt{\frac{1}{C} + \left(\frac{R}{2 L} \cdot \operatorname{tg} \varphi\right)^2}$$

Die Schaltung zur Frequenzmessung zeigt Bild 7. Es handelt sich um einen Phasemesser in Differenzschaltung, der mit einem Reihenschwingkreis aus R , L und C belastet ist. Es werden wieder die beiden Vergleichsspannungen U_u und U_i gebildet und die Differenzspannung ΔU gemessen. Durch die Wahl des Schwingkreises ergeben sich zwei Meßbereiche. Bei Frequenzen unterhalb der Resonanzfrequenz liegt ein kapazitiver Phasenwinkel vor, der mit wachsender Frequenz kleiner wird,

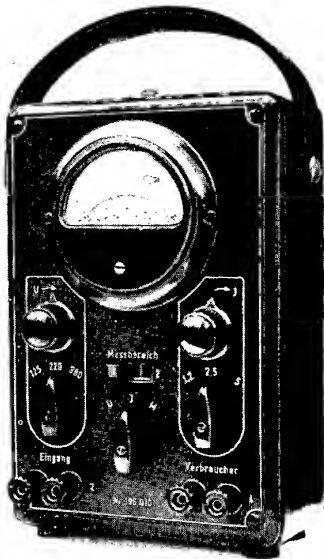


Bild 6 Außenansicht des fertigen Gerätes

bei Resonanz den Wert Null erreicht und bei induktiver Belastung wieder ansteigt. Die Weiterentwicklung dieser Schaltung führte zu der einfachen Schaltung in Bild 8. Bei konstantem Strom ist der Spannungsabfall an dem festen ohmschen Widerstand R_2 konstant, während der Spannungsabfall an dem Schwingkreis eine Funktion der Frequenz ist. In der Stellung „Eichen“ des Schalters S_1 wird die Spannung am Widerstand R_2 mit dem Eingangspotentiometer R_1 so reguliert, daß das Anzeigement auf eine Eichmarke zeigt. In der Stellung „Messen“ wird der Spannungsabfall an dem Schwingkreis gemessen. Die Dimensionierung des Schwingkreises erfolgt so, daß der Meßbereich in dem abfallenden Ast der Resonanzkurve liegt.

Durch die Wahl der Resonanz des Schwingungskreises und die Wahl seiner Dämpfung kann praktisch jeder beliebige Meßbereich eingestellt werden. Der Vorteil dieser Summenschaltung, bei der die beiden Teilspannungen gemessen werden, gegenüber der Phasemesserschaltung liegt darin, daß nur noch eine Vergleichsspannung (die des Schwingkreises) einreguliert

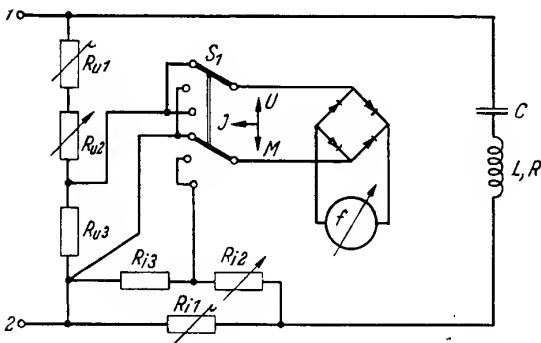


Bild 7 Schaltung des Phasennessers als Frequenzmesser

werden muß. Ein erstes Versuchsmuster wurde mit zwei Meßbereichen, nämlich $15 \cdots 100$ Hz und $45 \cdots 55$ Hz gebaut, die durch Umschalten des Resonanzkreises erzielt werden.

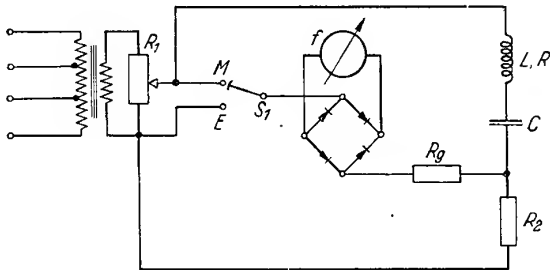


Bild 8 Vereinfachte Schaltung des Frequenzmessers

Aussprache

Herr H.-F. Grave, Lehrte: Es ist anzunehmen, daß bei Abweichungen in der Kurvenform von Strom und Spannung Anzeigefehler auftreten. Liegen hierüber Messungen vor?

Herr H. Große-Brauckmann, Hameln: Ich möchte ergänzend zu den Ausführungen von Dr. Denecke eine nette Pointe angeben. Denn die AEG hat bereits vor längerer Zeit unabhängig von Dr. Denecke Phasennestgeräte auf völlig gleicher Grundlage gebaut und mit Erfolg verwendet. Die Geräte waren vornehmlich

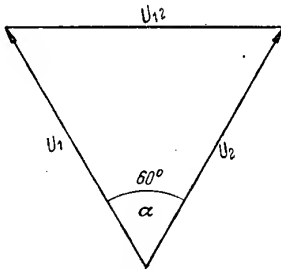


Bild 9 Lage der Spannungsvektoren

für Messungen im Tonfrequenzgebiet gedacht und entsprechend mit Verstärker und Übertrager ausgerüstet. Im Gegensatz zu Dr. Denecke verwendeten wir häufig zur Anzeige ungeeichte Instrumente, z. B. ein beliebiges Röhrenvoltmeter. U_1 und U_2 seien die Spannungen, deren Phasendifferenz α zu messen sei. Mit Hilfe von vorgeschalteten Spannungsteilern machten wir beide Einzelausschläge für U_1 und U_2 genau 60 Skalenteile groß. Würde nun der zu verwendende Winkel α 60° betragen, so würde der Differenzvektor U_{12} ebenfalls genau 60 Skalenteile groß werden, denn U_1 , U_2 und U_{12} bilden ein gleichseitiges Dreieck (Bild 9). Die Anzeige in Skalenteilen gibt also unmittelbar den gesuchten

Winkel an. Für $\alpha = 60^\circ$ gilt diese Beziehung genau; für $\alpha = 0 \dots 74^\circ$ mit großer Annäherung. Diesem Verfahren liegt die Tatsache zugrunde, daß man die Funktion $U_{12} = 2 \sin \frac{\alpha}{2}$ innerhalb des angegebenen Winkelbereiches durch eine Gerade ersetzen kann. Der größte dabei auftretende Fehler entsteht bei $\alpha = 30^\circ$ und beträgt nur etwa 1° , ein Fehler, der meistens in Kauf genommen werden kann. Durch Verwendung eines selektiven Verstärkers können Oberwellen ausgeschaltet werden.

Vortragender: Das von Herrn Dr. Große-Brauckmann angegebene Verfahren besitzt zweifellos Vorzüge in bezug auf Einfachheit des Instrumentes, so-

weit es sich um Winkel bis 74° handelt. Hierüber hinaus ergeben sich große Abweichungen. Eine Unterscheidungsmöglichkeit des Vorzeichens des Phasenwinkels ist auch hierbei ohne einen besonderen Zusatz nicht möglich. Durch Verwendung eines Verstärkers mit dem dann erforderlichen Netzgerät ist aber gerade die Einfachheit (nur ohmsche Widerstände) der von mir angegebenen Schaltung, die auch im Tonfrequenzgebiet Anwendung finden kann, in Frage gestellt. Die Aussiebung von Oberwellen mittels eines selektiven Verstärkers verhindert die Anwendung in der Praxis, da dieser Verstärker jeweils auf die Meßfrequenz abgestimmt werden muß. Im übrigen kann man ja definitionsgemäß von einem $\cos \varphi$ nur bei reinen Sinuskurven sprechen.

Gruppe N — Elektrophysik und Elektroakustik

Fortschritte in der Erforschung der Stromrichter-Gasentladungen

Von Th. Wasserrab

Stromrichter-Gasentladungen sind dadurch gekennzeichnet, daß sie für den elektrischen Strom in der Durchlaßrichtung eine hohe Leitfähigkeit und in der entgegengesetzten Richtung eine hohe Sperrwirkung besitzen, d.h. daß sie eine Richtwirkung haben. Da diese Entladungen in evakuierten Entladungsgefäßen, welche mit Metaldampf oder Edelgas von ca. 10^{-2} bis 10^{-1} Torr gefüllt sind, erfolgen, so sind sie den Niederdruck-Gasentladungen zuzuzählen, welche sich durch günstige Steuereigenschaften, schnelle Entionisierung, hohe Sperrfähigkeit und geringe Verluste auszeichnen.

Wie bei allen Gasentladungen unterscheidet man auch bei den Niederdruck-Gasentladungen drei geometrisch unterschiedliche Bereiche, den sogenannten Kathodenfall, den Anodenfall und die positive Säule. Die beiden Fallgebiete befinden sich unmittelbar an den Elektroden und stellen Übergangsgebiete zwischen der positiven Säule, welche praktisch den gesamten Entladungsraum erfüllt, und den Elektroden dar. Während die positive Säule nur einen relativ geringen Spannungsabfall aufweist und nach außen hin praktisch elektrisch neutral ist, besitzen die Fallgebiete ausgeprägte Raumladungen, in welchen örtlich relativ hohe Feldstärken auftreten. Der Anodenfall ist im allgemeinen klein gegenüber dem Kathodenfall und besitzt auch technisch wesentlich geringere Bedeutung. Im folgenden wird daher lediglich über Untersuchungen im Kathodenfall und in der positiven Säule berichtet werden.

1. Stromrichterkathoden

a) Glühkathoden

Stromrichterkathoden sind entweder als Glühkathoden oder als Fleckkathoden ausgebildet. Die Glühkathoden besitzen einen prinzipiell völlig gleichen Aufbau wie er für Hochvakuum-Elektronenröhren üblich ist, wobei man lediglich die konstruktive Gestaltung so wählt, daß möglichst hohe Strombelastbarkeit und günstigste energetische Ausbeute erreicht wird. Die Stromrichterglühkathode ist demnach lediglich eine Abart der allgemeinen Glühkathode und hat demgemäß im Laufe der Zeit an deren Entwicklung vom massiven Wolframglühdraht zur Oxydkathode teilgenommen.

In der Deutung des Emissionsmechanismus der Oxydkathoden ist ein gewisser Abschluß erreicht: an Stelle der früheren Modellvorstellungen von Bariuminseln oder einem Ba-Film an der Oxydoberfläche hat sich die Vorstellung durchgesetzt, daß die Oxydkathode als homogener Überschußhalbleiter aufzufassen ist, in welchem der Erdalkalimetallüberschuß in der gesamten Oxydschicht weitgehend gleichmäßig verteilt ist [1]. Diese Erkenntnis ist u. a. das Ergebnis neuartiger Untersuchungsmethoden, von denen die elektronenmikroskopischen Abbildungen der emittierenden Oberfläche, die Strukturuntersuchungen mit Röntgen- und Elektronenstrahlen und besonders die spektroskopischen Untersuchungen von E. Krautz [2] zu erwähnen sind. Diese spektroskopische Methode ermöglicht neben einer ge-

nauen Feststellung der Zusammensetzung der Oberflächenschichten eine schnelle und zuverlässige Beurteilung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Verdampfungs-, Zerstäubungs- und Dissoziationsprozessen. Infolge der ständigen Steigerung der Anforderungen wird man alle Entwicklungen auf dem Gebiet der Glühkathoden mit Interesse verfolgen müssen, auch wenn sie bisher lediglich auf Hochvakuumröhren beschränkt waren. Das gilt z.B. für die sogenannte L-Kathode [3], bei welcher eine Erdalkalioxydpille in einen Kathodenkörper aus porösem Wolfram eingebaut wird. Die Erdalkalioxyde diffundieren dann in den Wolfram-Sinterkörper und machen ihn für hohe Strombelastungen, wie beispielsweise Impulsbetriebe, besonders geeignet. In gleicher Weise wird man den Zirkon- und Zirkonkarbidkathoden [4, 5] sowie den Erdalkali-Hexaborid-Kathoden [6] Aufmerksamkeit widmen müssen.

Die größten Vorteile erwartet man jedoch derzeit von den Cäsium-Kathoden, welche eine einatomige adsorbierte Cäsiumschicht besitzen, weil es damit nicht nur möglich ist, außerordentlich hohe Emissionsleistungen zu erreichen, sondern auch Kathoden praktisch unbegrenzter Lebensdauer zu erhalten. Der Emissionsmechanis-

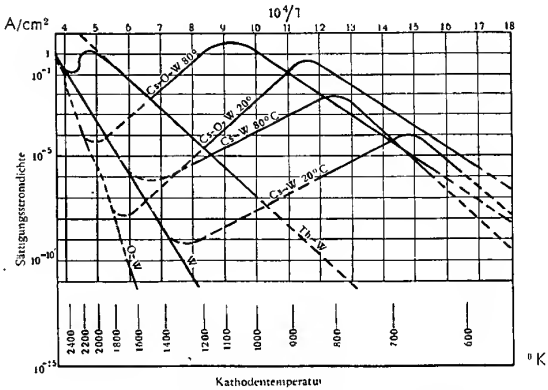


Bild 1 Emissionskennlinien von Wolfram mit einatomarer Cäsium-Schicht

mus der Cäsium-Kathoden ist zuerst 1923 von I. Langmuir und K. H. Kingdon und später von J. A. Becker u. a. ausführlich studiert worden. In Bild 1 ist die Abhängigkeit der Emissions-Stromdichte von der Temperatur graphisch dargestellt [7]. Man erkennt, wie mit zunehmender Temperatur die Emission von reinem und oxydiertem Wolfram zunimmt. Wird der Wolframdraht mit einer einmolekularen Cäsiumschicht bedeckt, so steigt die Emission bei Temperaturen von ca. 700° K auf das 10²⁰fache der Emission von reinem Wolfram. Bei höheren Temperaturen nimmt dann die Emission wieder ab, weil nun die Cäsiumschicht allmählich zu verdampfen beginnt und sich schließlich wieder dem Emissionswert des reinen Wolframs nähert [8].

b) Fleckkathoden

Die Quecksilberkathode, gekennzeichnet durch beliebige Stromergiebigkeit und unbegrenzte Lebensdauer, ist seit rund 50 Jahren der Gegenstand physikalischer Untersuchungen gewesen, ohne daß es bisher gelungen wäre, den Entladungsmechanismus im Kathodenfleck befriedigend aufzuklären. I. Langmuir [9] hat bereits 1923 den Vorschlag gemacht, die Feldemission zur Erklärung des Elektronenaustritts heranzuziehen, und in der Folgezeit hat sich diese Auffassung neben anderen Deutungsversuchen, insbesondere von J. Slepian [10] und L. B. Loeb [11] auch am besten behauptet. Während man im Qualitativen kaum irgendwelche Schwierigkeiten durch die Annahme der Feldemission hatte, führte die zahlenmäßige Durchrechnung auf völlig andere Daten, als sie durch die wenigen und nicht sehr genauen Meßwerte bekannt waren. Hier ist indessen ein sehr wesentlicher Wandel eingetreten, insofern als K. D. Froome [12, 13] durch ein verbessertes optisches Meßverfahren nachweisen konnte, daß die Stromdichte

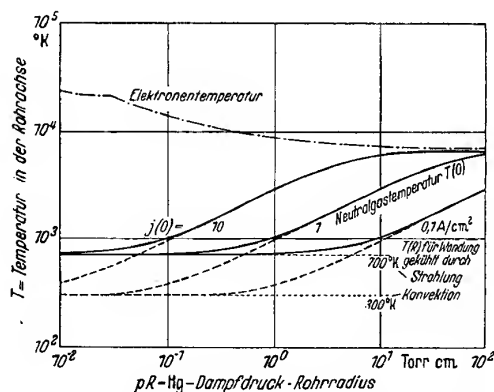


Bild 2 Neutralgastemperatur in der Achse eines Entladungsrohres

im Kathodenfleck nicht, wie seinerzeit von Günther-Schulze [14] ermittelt, ca. 4000 A/cm^2 , sondern etwa 10^6 A/cm^2 beträgt. Damit war ein Anlaß gegeben, die Feldemissionstheorie quantitativ erneut zu überprüfen, und es scheint nunmehr in der Tat eine befriedigende Übereinstimmung zwischen Theorie und Messung erreicht zu sein.

Der Entladungsvorgang im Quecksilberkathodenfleck wird demnach etwa folgendermaßen vorzustellen sein [15]: aus dem Entladungsraum strömen positive Ionen mit einer Stromdichte von ca. 10^6 A/cm^2 gegen die Quecksilberkathoden-Oberfläche und erzeugen dort eine so hohe elektrische Feldstärke, daß Elektronen emittiert werden, wobei die Stromdichte diejenige der Ionen noch übersteigt. Die austretenden Elektronen werden im elektrischen Feld des Kathodenfalles beschleunigt und ionisieren die aus dem Kathodenfleck verdampfenden Quecksilberatome, wobei die derart erzeugten Ionen wiederum zur Kathode zurückkehren, um dort ihre kinetische und potentielle Energie abzugeben, welche im wesentlichen wieder für die Verdampfung im Kathodenfleck nötig ist, um unmittelbar vor der Anode eine genügend hohe Dampfdichte und damit eine genügend intensive Ionen-erzeugung sicherzustellen. Ein außerordentlich kleiner Prozentsatz der im Kathodenfleck verdampfenden Quecksilbermenge strömt über dieses Ionisierungsgebiet hinaus, und demgemäß wurden bisher nur sehr viel geringere Dampfmengen gemessen als im Kathodenfleck tatsächlich verdampfen.

Ein durchaus gleicher Entladungsmechanismus kennzeichnet auch die Vorgänge in Kathodenflecken von Zinn-, Blei-, Natrium- und Magnesium-Amalgam-Kathoden [16], wie sie gelegentlich für besondere Entladungsgefäße

entwickelt wurden, insbesondere für Anwendungen, bei denen, wie beispielsweise in Flugzeugen, die Entladungsgefäße starken Erschütterungen und auch beliebiger räumlicher Orientierung unterworfen sind.

2. Die positive Säule

a) Die homogene positive Säule, insbesondere die Neutralgaserwärmung

Die homogene positive Säule pflegt man mit Hilfe der Schottkyschen Diffusionstheorie [17] zu beschreiben. Diese Theorie geht davon aus, daß die Ladungsträger, d. h. Elektronen und Ionen, durch einfachen Elektronenstoß mit neutralen Gasatomen entstehen und lediglich an der Wandung des Entladungsgefäßes vernichtet werden. Da die Ladungsträger vom Orte ihrer Entstehung durch Diffusion entsprechend ihrem Dichtegefälle zur Wandung gelangen, wurde diese Theorie „Diffusionstheorie“ genannt. Diese Theorie, welche den Vorzug besitzt, mathematisch überaus elegant zu sein, wurde nach mehreren Seiten hin erweitert und ergänzt. So wurde z. B. von E. Spenke [18] die bei größeren Stromstärken gegenüber der Einfach-Ionisierung überwiegende Stufen-Ionisierung in die Theorie eingefügt. Dabei ergab sich der interessante Befund, daß dadurch die Ladungsträgerverteilung über den Querschnitt nicht beeinflusst wird und demgemäß Messungen dieser Verteilung keine Rückschlüsse auf die Art der Ladungsträgererzeugung gestatten.

Die Berücksichtigung weiterer Einflüsse, wie z. B. der metastabilen Atome durch V. Fabrikant [19], der negativen Ionen durch R. Seeliger [20] usw. führte auf mathematisch sehr schwierige Gleichungen, und demgemäß ist die Erforschung dieser Fragen bisher noch wenig vorangekommen. Dafür hat man sich um so mehr mit dem Studium der stromstarken Entladungen beschäftigt und hier wiederum besonders die Neutralgaserwärmung [21, 22, 23, 24] und den Einfluß von Magnetfeldern [25, 26, 27], insbesondere des Eigenmagnetfeldes [25] und des Elektronen-Partialdruckes [28] untersucht. Da die Neutralgaserwärmung Quecksilberdampfströmungen in den Stromrichtergefäßen verursacht, welche sowohl für den Entladungsvorgang als auch die Sperrereigenschaften von Einfluß sind, sei über diesen Vorgang einiges berichtet.

Die Neutralgastemperatur von stromschwachen Niederdruckgasentladungen ist praktisch gleich der Temperatur der Gefäßwandung. Wenn man jedoch den Gasdruck, den Entladungsquerschnitt und die Stromstärke steigert, so tritt eine Erwärmung des Neutralgases auf, welche die Folge der Energieabgabe der Elektronen bei elastischen Zusammenstößen mit den Neutralgasatomen ist [29]. Infolge der Wärmeableitung aus der heißen Gassäule zur Wandung des Entladungsgefäßes wird in der Achse des Entladungsrohres die Gastemperatur am höchsten sein.

In Bild 2 ist für eine Gleichstromentladung diese Temperatur in der Achse des Entladungsrohres in Abhängigkeit von den bereits erwähnten Einflußgrößen dargestellt [30]. Diese Gaserwärmung verändert den Charakter der Entladung nur unwesentlich, solange die Temperaturen unter 4000°K bleiben. Über 4000°K tritt jedoch Temperaturionisation auf, wodurch sich die Säule auf den heißen Entladungsteil einzuschnüren beginnt.

Da jedoch die Temperatursteigerung auch eine Druckerhöhung hervorruft, welche Ausgleichsströmungen (das sogenannte „Atmen“ der Gleichrichter) bewirkt, sei auch auf diese nichtstationären Vorgänge an Hand von Bild 3 kurz eingegangen.

Beim Einschalten der Entladung sei der Gaszustand anfangs durch $(pR)_0$ und $T(R)$ bzw. durch den Arbeitspunkt A bestimmt. Sobald das Gas durch die Entladung erhitzt wird (Gastemperatur folgt dem Entladungsverlauf praktisch unverzögert — die Zeitkonstante beträgt etwa

10^{-5} sec) und seine Temperatur zunimmt, wird auch der Druck entsprechend ansteigen, da vorerst ein Druckausgleich durch Dampfströmung nicht erfolgen soll. Die Temperatur steigt dabei solange, bis die stationäre „Kennlinie für konstante Gasdichte“ erreicht ist (Punkt B). Auf diese Erhitzung (bei konstanter Gasdichte) folgen nun Gasströmungen, die in Entladungsgefäßen, welche außer dem eigentlichen Entladungsraum noch einen elektrisch inaktiven Raum („Kondensraum“, „Dom“ usw.) besitzen, sowohl einen radialen Druckausgleich als auch eine Druckabsenkung auf den ursprünglich vorhandenen Druck herbeiführen (Punkt C). In Entladungsgefäßen ohne derartige „inaktive“ Räume wird nur ein radialer Druckausgleich erfolgen (Punkt C'); demgemäß wird in solchen Gefäßen schon bei geringeren Stromdichten eine Einschnürung der Entladung erfolgen als in Gefäßen mit Druckausgleichsräumen. Der vorstehend beschriebene Vorgang wird in Wirklichkeit nicht in dieser schematischen Form erfolgen. Mit anderen Worten, der Ausgleichsvorgang wird vermutlich längs der strichpunktiert eingezeichneten Kurve erfolgen.

Die Intensität der Dampfströmungen ist abhängig von den Druckdifferenzen, die sich infolge der Temperaturänderungen ergeben: beim Erwärmen von dem Druckunterschied zwischen den Punkten A und B, und beim Abkühlen von dem Druckunterschied zwischen den Punkten C und D. Bei der Betrachtung dieser Druckdifferenzen ist zu bedenken, daß in Bild 3 ein logarithmischer Maßstab gewählt ist, so daß schon aus diesem Grunde der Erwärmungsvorgang, welcher immer bei höheren Drucken erfolgt, als sie am Beginn des Entladungsvorganges bestanden, heftigere Strömungen verursacht als der Abkühlungsvorgang, durch welchen kurzzeitig ein geringer Unterdruck entsteht.

Die durch die Neutralgaserwärmung bedingte Quecksilberdampfströmung hat eine beträchtliche Dichteverringerung vor den Anoden zur Folge, wodurch der Entionisierungsvorgang erheblich beschleunigt wird. Es bedarf keines besonderen Hinweises, daß der Strömungsvorgang durch die Gefäßkonstruktion beeinflusst wird.

b) Die nichthomogene Säule, insbesondere die Doppelschichten

Die gleichfalls zur Theorie der positiven Säule gehörigen Erscheinungen der Plasmaschwingungen [31] und der geschichteten Säule können hier nur erwähnt, aber nicht eingehender behandelt werden. Sie leiten jedenfalls über zu den Vorgängen in der nicht-

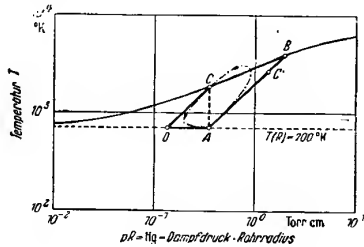


Bild 3 Temperatur- und Druckänderungen beim Ein- und Ausschalten von Entladungen.

homogenen positiven Säule. Darunter sei eine solche verstanden, deren Entladungsquerschnitt eine räumlich unstetige Änderung aufweist. Solche Stellen entstehen durch den Einbau von Hülsen in Großgleichrichtern oder durch Entionisierungs- und Steuergitter und führen zu der Ausbildung von elektrischen Doppelschichten. Diese Doppelschichten, welche gleichfalls ein Fallgebiet darstellen und demnach für die Energiebilanz im Gleichrichter eine bedeutende Rolle spielen, sind theoretisch und praktisch von großem Interesse. Die experimentelle Untersuchung solcher Doppelschichten wurde insbeson-

dere von W. O. Schumann [31] und seinen Schülern durchgeführt. Die erste theoretische Darstellung wurde bereits 1929 von I. Langmuir geleistet. Nachdem dann L. Tonks [32] 1937 den Einfluß derartiger Doppelschichten auf die Entstehung von Stromunterbrechungen durch sogenannte Kälteüberspannungen gezeigt hat, ist es neuerdings [33] gelungen, die Theorie dieses Vorgangs so weit zu fördern, daß nun auch eine quantitative Behandlung möglich ist. Dies gelang u. a. dadurch, daß eine Relation zwischen der Dicke solcher Doppelschichten und dem Quecksilberdampfdruck postuliert wurde, womit die in Bild 4 dargestellte Beziehung zwischen Stromdichte und Doppelschichtspannung abgeleitet werden

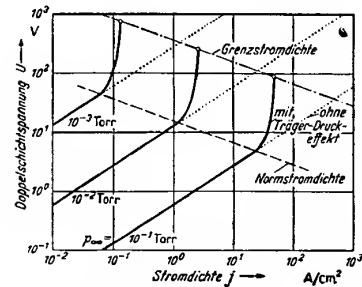


Bild 4 Doppelschichtkennlinien mit und ohne Druckeffekt der Ladungsträger

konnte. Man findet insbesondere, daß bis zu der sog. „Normstromdichte“ eine lineare Beziehung besteht, daß jedoch bei höheren Stromdichten infolge des Trägerdruckeffektes die Doppelschichtspannung sehr steil ansteigt.

Die Doppelschichtspannung kann zwar nur bis zu demjenigen Höchstwert ansteigen, bei welchem dann das Neutralgas aus der Doppelschicht infolge des Trägerdruckeffektes völlig entfernt ist. Die elektrische Entladung erfährt jedoch bei Erreichen dieses extremen Betriebszustandes („Grenzstromdichte“) eine plötzliche Stromunterbrechung, welche bekanntlich in den Induktivitäten des äußeren Kreises erhebliche Überspannungen hervorruft. Die Stromführung kann erst dann wieder einsetzen, wenn das Neutralgas in den evakuierten Spalt zurückgeströmt ist, worauf sich der erwähnte Prozeß in gleicher Weise wiederholt. Es darf als bekannt vorausgesetzt werden, daß man derartige Stromunterbrechungen im Stromrichterbetrieb dadurch vermeidet, daß man bei Entladungsgefäßen mit Vakuumpumpe für einen gewissen Mindestdampfdruck sorgt bzw. bei pumpenlosen Gefäßen eine Edelgasfüllung vorsieht. W. Dällenbach und E. Gerecke [34] haben sogar versucht, diesen Effekt praktisch nutzbar zu machen, indem sie durch geeignete Unterdrückung der Überspannungen einen sogenannten „Grenzstrommesser“ zur Überwachung des Quecksilberdampfdruckes in Stromrichtern entwickelten.

3. Gasentladungsstromrichter mit besonders niedriger Brennspannung

Nachdem im vorstehenden im wesentlichen über den Fortschritt berichtet wurde, welcher in bezug auf die physikalische Erkenntnis erzielt wurde, soll nun noch auf die Nutzbarmachung dieses Wissens bei der technischen Entwicklung hingewiesen werden. Aus dem Problemkreis der stationären Entladungsvorgänge besitzt die Forderung nach kleinsten Verlusten, d. h. niedrigster Brennspannung, die größte Bedeutung. Da die Frage nach dem günstigsten Wirkungsgrad sehr häufig bei der Auswahl unter mehreren technisch geeigneten Lösungen den Ausschlag gibt, hat man schon frühzeitig bei der Entwicklung der Stromrichter auf diese Eigenschaft besonders Gewicht gelegt und auch einige Gleich-

richtertypen mit besonders niedriger Brennspannung geschaffen. Jedoch weder der von F. H. Hellmuth und J. Nienhold geschaffene sogenannte Argonal-Gleichrichter [35] (Brennspannung je nach Bauform 7 bis 15 V) noch sein Glühkathoden-Analogon, der sog. Tungar-Gleichrichter [36] (Brennspannung 5 bis 6 V) besaßen die erforderliche Sperrspannungsfestigkeit, um auch eine Verwendung bei Betriebsspannungen bis etwa 1 kV zu ermöglichen. Dafür ist bisher ausschließlich der Quecksilberdampfgleichrichter verwendet worden. L. Lebrecht [37] hat darauf hingewiesen, daß im Gegensatz zum Elektromaschinenbau das größte Entladungsgefäß nicht auch den günstigsten Wirkungsgrad besitzt. Um also die Brennspannung bei Quecksilberdampf-Stromrichtern zu verringern, hat man vornehmlich eine Verringerung der Lichtbogenlänge zu erreichen versucht. Diese Tendenz führte konsequent zum Einanoden-gefäß, und zwar zu seiner radikalsten Konstruktion, dem Ignitron. J. Slepian und L. R. Ludwig [38] hofften damit die Brennspannung auf etwa 10 V herabdrücken zu können. In der Tat gelang dies bei Gefäßen,

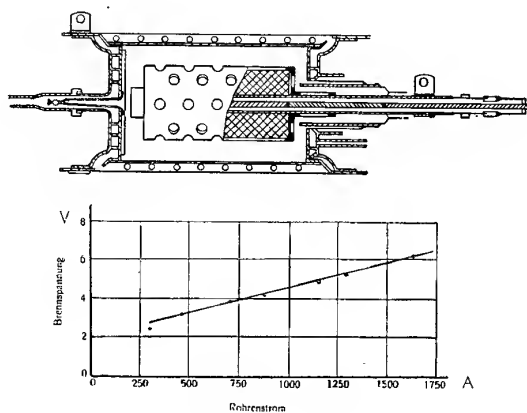


Bild 5 Cäsium-Stromrichter

welche als Kurzzeitschalter für Schweißmaschinen verwendet werden (E. Arends [39]: 10 bis 14 V). Bei Stromrichterbetrieb mußten jedoch Blenden zwischen Anode und Kathode eingebaut werden, wodurch die Brennspannung wiederum auf etwa 20 V anstieg [40].

Dieses Ergebnis führt zu der Erkenntnis, daß offenbar die konstruktiven Möglichkeiten bereits weitgehend ausgeschöpft sind und daß man, um weitere nennenswerte Fortschritte zu erreichen, in anderer Richtung vorgehen muß, z. B. durch Wahl neuer, geeigneterer Werkstoffe. Bei dieser Auswahl vermag die Theorie wertvolle Hilfe zu leisten und läßt das Element Cäsium als besonders vorteilhaft erscheinen.

Über eine solche Neuentwicklung ist vor kurzem von A. W. Hull [36] berichtet worden, welche zu beträchtlichen Hoffnungen berechtigt. In Bild 5 ist der Querschnitt durch einen von der General Electric Co. Schenectady, USA., entwickelten Cäsium-Gleichrichter dargestellt, auf welchem man die Glühkathode (mit Wärmeschutz), deren Eigenschaften bereits in Bild 1 gezeigt wurden, und die Anode sowie die mit einer geeigneten Flüssigkeit auf einer Temperatur von ca. 150...180°C gehaltene Metallwandung sieht. Wie schon bei Erörterung der Glühkathoden ausgeführt wurde, bildet sich bei dem in dem Gefäß befindlichen Dampfdruck eine einatomige Cäsiumschicht aus, wobei etwa von der Kathode abdampfende Teilchen jeweils wieder leicht aus dem umgebenden Cäsiumdampf ersetzt werden können, so daß eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer solcher Kathoden erreicht wird. Neben der hohen Stromergiebigkeit und der langen Lebensdauer wird man außerdem noch den ungewöhnlich geringen Brennspannungsabfall von nur 3 V erwähnen müssen, wo-

durch dieser Gleichrichter, welcher auch mit einem Steuergitter versehen werden kann, als ein sehr interessantes Entwicklungsziel erscheint. Diese niedrige Brennspannung wird nicht nur dadurch erreicht, daß das Cäsiumatom leicht ionisieren kann (seine Ionisierungsspannung beträgt nur 3,87 Volt), sondern daß die Entladung einen sogenannten Niedervoltbogen darstellt [41], bei welchem die Brennspannung kleiner ist als die Ionisierungsspannung. Neben dieser amerikanischen Ausführung ist noch eine davon unabhängige europäische Entwicklung von F. Kesselring [42] zu erwähnen, welche zu einer Glasröhre mit natürlicher Luftkühlung geführt hat. Daß die Entstehung derartiger Stromrichter verhältnismäßig lange auf sich warten ließ, obwohl die wissenschaftlichen Untersuchungen seit langem abgeschlossen und die Resultate veröffentlicht waren, liegt darin, daß die Technologie derartiger Stromrichter sehr hohe Anforderungen stellt.

Die Ausführungen sollten einen kurzen Überblick über die wichtigsten Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der stationären Stromrichtereigenschaften geben sowie einen Hinweis, inwiefern die Ergebnisse dieser Erforschung wiederum der technischen Entwicklung dienen.

Schrifttum

- [1] G. Herrmann u. S. Wagners: Die Oxydkathode (2 Bde.). Leipzig 1950.
- [2] E. Krautz: Spektroskopische Untersuchungen des Verhaltens von Oxydkathoden in Gasentladungen. ZS. f. Naturforschg. Bd. 6 a (1951) S. 16-24.
- [3] H. J. Lemmens, M. J. Jansen u. R. Loosjes: Eine neue thermisch emittierende Kathode für schwere Belastungen. Philips' Techn. Rdsch. Bd. 11 (1950) S. 349-358.
- [4] R. E. Haddad, D. L. Goldwater u. F. H. Morgan: Zirconium Carbide as a Thermionic Emitter. J. Appl. Phys. Bd. 20 (1949) S. 886.
- [5] A. A. Rusterholz: Die Elektronenemission von Zirkon und Zirkonkarbid. VDE-Fachber. Bd. 14 (1950).
- [6] J. M. Lafferty: Boride Cathodes. Phys. Rev. (1950) S. 1012.
- [7] S. Dushman: Electron Emission. Transactions AIEE (1934) S. 1054-1062.
- [8] I. Langmuir u. J. B. Taylor: The Evaporation of Atoms, Ions and Electrons from Caesium Films on Tungsten. Phys. Rev. Bd. 44 (1933) S. 423-457.
- [9] I. Langmuir: Positive Ion Currents in the positive Column of the Mercury Arc. Gen. El. Rev. Bd. 26 (1923) S. 731-735.
- [10] J. Slepian: Theory of current transference at the cathode of an arc. Phys. Rev. Bd. 27 (1926) S. 407-412.
- [11] L. B. Loeb: Fundamental Processes of Electrical Discharge in Gases. N. Y. und London (1939).
- [12] K. D. Froome: The Behaviour of the Cathode Spot on an Undisturbed Mercury Surface. Proc. Phys. Soc. Bd. 62 (1949) S. 805-812.
- [13] K. D. Froome: The Behaviour of the Cathode Spot on an Undisturbed Liquid Surface of Low Work Function. Proc. Phys. Soc. (B) Bd. 63 (1950) S. 377-385.
- [14] A. Günther-Schulze: Die Vorgänge an der Kathode des Quecksilbervakuumlichtbogens. ZS. f. Phys. Bd. 1 (1922) S. 74-87.
- [15] Th. Wasserrab: Zur Theorie des Quecksilberkathodenflecks. ZS. f. Phys. Bd. 130 (1951) S. 311-320.
- [16] J. A. M. Lyon u. C. E. Williams: Amalgam-Cathode Materials for Power Tubes. El. Engg. Bd. 67 (1948) S. 265.
- [17] W. Schottky: Diffusionstheorie der positiven Säule. Phys. ZS. Bd. 25 (1924) S. 342-348, 635-640.
- [18] E. Spenke: Die Diffusionstheorie der positiven Säule mit Berücksichtigung der stufenweisen Ionisierung. ZS. f. Phys. Bd. 127 (1950) S. 221-242.
- [19] V. Fahrkants: On the quantitative Theory of the excitation of atoms in a gas-discharge. Techn. Phys. USSR. Bd. 5 (1938) S. 864-888.
- [20] R. Seeliger: Die Diffusionstheorie der positiven Säule in elektronegativen Gasen. Ann. d. Phys. Bd. 6 (1949) S. 93-96.
- [21] W. Deck: Dampfströmungen in den Anodenhüllen von Mutatoren und ihr Einfluß auf das Betriebsverhalten. Brown, Boveri-Mitt. Bd. 28 (1941) S. 98-108.
- [22] W. Deck: Strömungen von Quecksilberdampf in den Anodenhüllen von Mutatoren. Helv. Phys. Acta Bd. 15 (1942) S. 273 bis 306.
- [23] W. Schmalenberg: Über die periodischen Druck- und Dichteschwankungen im Anodenraum von Groß-Stromrichtern. Diss. T. H. Berlin (1943).
- [24] J. Pachner: Elektrotechn. Obzor Bd. 37 (1948) S. 385-397.
- [25] L. Tonks: Theory of Magnetic Effects in the Plasma of an arc. Phys. Rev. Bd. 56 (1939) S. 360-373.
- [26] Th. Wasserrab: Die Beeinflussung der positiven Säule durch ein magnetisches Querfeld. ZS. f. Naturforschg. Bd. 2 a (1947) S. 575-582.

- [27] H. Fetz: Relativistische Erweiterung der Theorie der positiven Säule. ZS. Naturforschg. Bd. 4a (1949) S. 627.
- [28] M. Steenbeck: Theoretische und experimentelle Untersuchungen über den Einfluß des Elektronenpartialdruckes in Niederdrucksäulen. Wiss. Veröff. Siemens-Werken Bd. 18 (1939) S. 318—336.
- [29] Th. Wasserrab: Die Energieübertragung durch Elektronenstoß im Quecksilberdampfplasma. ZS. f. Phys. Bd. 127 (1950) S. 324—333.
- [30] Th. Wasserrab: Die Neutralgaswärmerung der Niederdruckgasentladung. ZS. f. Phys. Bd. 129 (1951) S. 190—201.
- [31] W. O. Schumann: Plasma-Schwingungen. Naturforschg. u. Medizin in Deutschland (FIAT-Rev.) Bd. 15, Teil I (1948) S. 221—241.
- [32] L. Tonks: Theory and Phenomena of High Current Densities in Low Pressure Arcs. Trans. Elektrochem. Soc. Bd. 72 (1937) S. 167.
- [33] Th. Wasserrab: Zur Theorie der Doppelschichten in Niederdruckgasentladungen. ZS. f. Phys. Bd. 128 (1950) S. 575—585.
- [34] W. Dällenbach u. E. Gerecke: Großgleichrichter ohne Vakuumpumpe. ETZ Bd. 57 (1936) S. 937—940.
- [35] F. H. Hellmuth: Der Argonal-Gleichrichter. Leipzig 1933.
- [36] A. W. Hull: Fundamental Processes in Gaseous Tube Rectifiers. El. Engg. Bd. (1950) S. 695—700.
- [37] L. Lebrecht: Wirtschaftliche Grenzen bei der Wahl größter Gleichrichtergeräte für Elektrolyse-Anlagen. VDE-Fachber. Bd. 11 (1939) S. 180—184.
- [38] J. Slepian u. L. R. Ludwig: A New Method for Initiating the Cathode of an Arc. Trans. AIEE Bd. 52 (1933) S. 693—699.
- [39] E. Arends: Quecksilberdampfstromrichter mit Zündstiftsteuerung. ETZ Bd. 62 (1941) S. 923—927.
- [40] H. v. Bertele: The continental development of single-Anode mercury-arc-rectifier valves of high power. Proc. IEE. Bd. 97 (1950) S. 663—689.
- [41] R. K. Steinberg: Hot-Cathode Arcs in Cesium Vapor. J. Appl. Phys. Bd. 21 (1950) S. 1028—1035.
- [42] F. Kesselring: Neuere Entwicklungen in der Gleichrichtertechnik. Bull. Techn. PTT Bd. 28 (1950) S. 297—302.

Aussprache

Herr J. v. Issendorff, Erlangen: Bei der Betrachtung des Kathodenflecks des Hg-Lichtbogens erweist es sich als zweckmäßig, das von Johannes Starck um die Jahrhundertwende entdeckte Verhalten des Flecks im Quermagnetfeld zu berücksichtigen. Während die Lichtbogensäule entsprechend der bekannten Handregel senkrecht zum Kraftlinienverlauf abgedrängt wird, bewegt sich der kathodische Fußpunkt genau in entgegengesetzter Richtung. Man kann dieses paradoxe Verhalten mit einem Hufeisenmagneten an jedem Glasgleichrichter nachprüfen. Das Eigenmagnetfeld des Bogens sucht daher die Säule einzuschnüren, den Kathodenfleck aber auseinanderzutreiben. Dieser teilt sich mit wachsender Stromstärke in immer mehr umherirrende Einzelflecke auf. In Ignitrongefäßen zeigt sich der kathodische Bogenansatz dem Auge als verwaschene, reichlich talergroße Leuchtfläche um den Zündstift herum. Hier entstehen in jeder Periode neue, vom Stift fortwandernde und nach kurzem Lauf erlöschende Flecken, welche insgesamt ein diffuses Leuchten vortäuschen. Die Unruhe und das ständige Auseinanderlaufen der Kathodenflecke dürften zur anfänglichen Unterschätzung ihrer Stromdichte beigetragen

haben. Sehr deutlich zeigt sich auch die Neigung zur Teilung, wenn ein Kathodenfleck gelegentlich an der Wand eiserner Gleichrichter auftritt und dort eisblumenartige Spuren hinterläßt.

Die Verdampfung des Kathodenquecksilbers ist bekanntlich im Augenblick der Lichtbogenzündung noch gering. Sie steigt bei gleichbleibendem Strom mit der Erwärmung des Kathodenquecksilbers bis zu einem Grenzwert allmählich an. Daraus ist zu folgern, daß eine Verdampfung im Fleck selbst — vermutlich durch die intensive Ioneneinströmung — weitgehend unterdrückt wird, also von der restlichen freien Hg-Oberfläche aus erfolgt. Ich möchte den Herrn Vortragenden fragen, ob neuere Messungen ein anderes Bild dieser Vorgänge ergeben?

Vortragender: Ich möchte zuerst Herrn Dr. von Issendorff, welcher durch grundlegende Untersuchungen¹⁾ zur Deutung der Vorgänge im Quecksilberkathodenfleck entscheidend beigetragen hat, für die ergänzenden Bemerkungen danken. Das Ergebnis seiner Messungen, wonach die Verdampfung aus dem Quecksilberfleck praktisch vernachlässigbar ist gegenüber der Verdampfung von der restlichen freien Quecksilberoberfläche, wurde von E. Kobel²⁾, L. Tonks³⁾ und A. Lutz⁴⁾ bestätigt und darf als ein gesicherter Sachverhalt betrachtet werden.

Herr A. Grün, Konstanz: Welche Vorstellungen bestehen heute über die Ursache der Rückzündungen und wie verhalten sich in dieser Beziehung die einanodigen Gefäße zu den mehranodigen?

Vortragender: Die Rückzündursachen pflegt man in drei Gruppen einzuteilen und unterscheidet demnach Rückzündungen infolge konstruktiver Fehler, betrieblicher Überbeanspruchungen und technologischer Mängel. Während die konstruktiven Fehler weitgehend erkannt sind und auch thermische und elektrische Überbeanspruchungen durch entsprechende Betriebsbedingungen vermieden werden können, ist man durch fortgesetzte Verbesserung der Materialauswahl und Behandlung bemüht, die technologischen Verhältnisse zu verbessern und damit auch diesen Anteil der Rückzündungen zu vermeiden. Einanodengefäße verhalten sich in bezug auf Rückzündungen grundsätzlich nicht anders als Mehranodengefäße, und soweit bereits Betriebsergebnisse veröffentlicht wurden⁵⁾, scheinen vorläufig Einanodengefäße noch nicht die gleiche Betriebssicherheit zu besitzen, wie sie mit Mehranodengefäßen erreicht werden konnte.

¹⁾ J. v. Issendorff: Die Verdampfung an der Kathode des Hg-Bogens. Phys. ZS. Bd. 29 (1928) S. 857...864.

²⁾ E. Kobel: Pressure and High Velocity Vapour Jets at Cathode of a Mercury Vacuum Arc. Phys. Rev. Bd. 36 (1930) S. 1636...1638.

³⁾ L. Tonks: The Rate of Vaporization of Mercury from an Anchored Cathode Spot. Phys. Rev. Bd. 54 (1938) S. 634...639.

⁴⁾ A. Lutz: Etude des phénomènes cathodiques de l'arc à mercure. Rev. Gén. de l'El. Bd. 59 (1950) S. 163...169.

⁵⁾ Mercury-Arc Power Converters in North America. AIEE Transaction Bd. 67 (1948) S. 1031...1059.

Löten von Aluminium mit Ultraschall

Von P. Wenk

Im Gegensatz zur Lötung von Kupfer, Messing oder Weißblech ist die Lötung von Aluminium immer noch mit Schwierigkeiten verbunden. An der Luft bildet sich auf dem Aluminium eine zwar dünne, aber dichte und chemisch sehr beständige Oxydschicht. Die Dicke dieser Schicht beträgt etwa 10^{-5} mm. Bisher mußte diese Oxydschicht auf chemischem Wege, z. B. durch ein Reaktionslot, oder auf mechanischem Wege mit einer Drahtbürste oder mit ähnlichen Verfahren entfernt werden.

Es ist nun vor einigen Jahren gelungen, ein Verfahren zu finden, das es gestattet, die Oxydschicht während der Lötung mit Hilfe von Ultraschall zu

zerstören. Das blanke Metall Aluminium kommt dann mit dem flüssigen Lot direkt in Berührung. Die ersten Versuche dieser Art führte Barwich [1] 1938 durch, die später von Schöfer und Leemann [2] fortgesetzt wurden. Es fehlte jedoch zunächst noch an einem einfachen und betriebssicheren Gerät für die Anwendung dieses Verfahrens im praktischen Betrieb. Das Ziel war, durch Anwendung von Ultraschall ohne besondere Hilfsmittel eine einwandfreie Lötverbindung zu erhalten. Durch Arbeiten an verschiedenen Laborgeräten wurde dieses wichtige Problem in der Zwischenzeit weiterverfolgt.

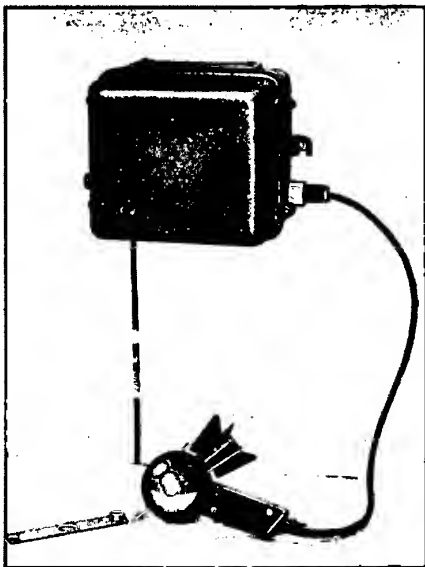


Bild 1 SSW-Ultraschallgerät (Hochfrequenzgenerator und Lötkopf)

Das Siemens-Ultraschall-Lötgerät UGL 20 k/3 (Bild 1) besteht aus einem Hochfrequenzgenerator mit Stromversorgungsteil und dem sogenannten Lötkopf. Der Hochfrequenzgenerator arbeitet als selbsterregter Röhrengenerator (Bild 2). Er erzeugt einen Hochfrequenzstrom von etwa 20 kHz, der über ein 1,5 m langes Kabel dem Lötkopf zugeführt wird. Im Lötkopf (Bild 3) befindet sich ein auf die Frequenz des Generators abgestimmter magnetostriktiver Stabschwinger, der im Takt der elektrischen Frequenz mechanische Längsschwingungen in der Größenordnung von 10^{-6} cm ausführt.

Die Eigenfrequenz eines longitudinal erregten Nickelstabes ist von der Länge l und von der Schallgeschwindigkeit c im Nickel abhängig. Die Schallgeschwindigkeit für Nickel ist

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \sim 5,1 \cdot 10^5 \text{ cm/sec,}$$

E = Elastizitätsmodul,
 ρ = Dichte des Materials.

Es ist die Frequenz:

$$n_k = \frac{k}{2 \cdot l} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

$k = 1, 2, 3, \dots$
 $n_1 = 2,55 \cdot 10^5 \cdot \frac{k}{l}$

Für einen Stab z. B. von 10 cm Länge beträgt also seine erste Eigenfrequenz 25,5 kHz. Da die obere Grenze des menschlichen Gehörs bei etwa 16 000 Hz liegt, können wir diese Schallschwingung nicht mehr hören und bezeichnen diese Schwingungen, als Ultraschall.

Diese mechanischen Schwingungen werden durch das flüssige Zinn, das sich zwischen Nickelschwinger und

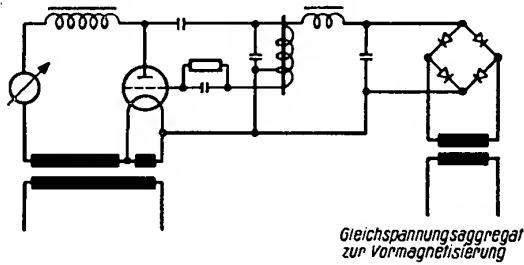


Bild 2 Hochfrequenzgenerator für Magnetostraktion, Schaltschema

Metalloberfläche befindet, auf die zu verzinnende Metalloberfläche (vorzugsweise Aluminium) übertragen.

Vorhandene Oxydschichten, z. B. Al_2O_3 bei Aluminium, werden augenblicklich zerstört und das Lötmedium (Reinzinn oder andere einwandfreie Aluminiumlote) kommt unmittelbar mit dem reinen Werkstoff in Berührung. Hierbei entsteht durch die Einwirkung des Ultraschalls eine innige heterogene Mischung der Metallkomponenten.

Durch die absichtliche Beschränkung auf kleine Leistungen und die Trennung der Wärmequelle vom Schallerzeuger ist es gelungen, das Gerät klein und handlich

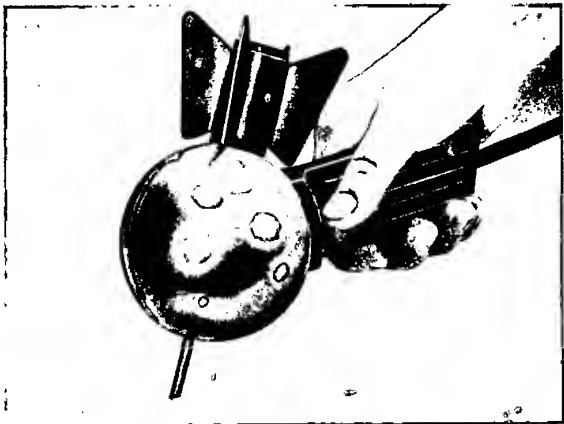


Bild 3 Lötkopf mit Griffel

zu gestalten. Der Lötkopf mit Handgriff ist nicht schwerer als ein normaler LötKolben. Er wiegt etwa 400 g. Der Hochfrequenzgenerator, der als Wand- oder Tischgerät ausgebildet ist, wiegt etwa 6 kg. Die Leistungsaufnahme des Gerätes aus dem Netz (110 oder 220 V Wechselspannung) beträgt etwa 45 VA.

Mit dem neuen Ultraschall-Lötgerät sind zwei Lötverfahren möglich. Für kleinere Gegenstände aus Aluminium (z. B. zum Verzinnen von dünnen Drähten,

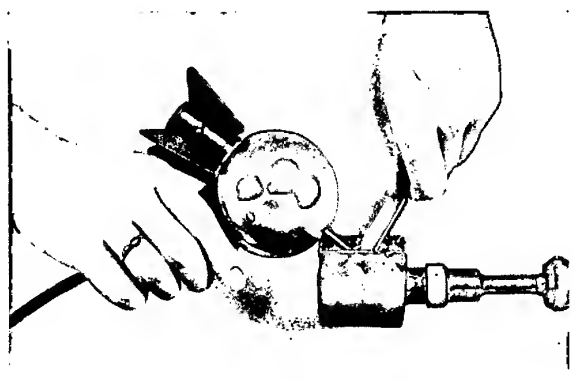


Bild 4 Tauch-Lötverfahren in handelsüblichem Zinnbad

Litzen, Kabelschuhen oder Kabelenden) empfiehlt sich die Anwendung des Tauchlötverfahrens. Dazu ist ein normales, handelsübliches Zinnbad erforderlich, dessen Inhalt durch Eintauchen des Lötgriffels zu Schwingungen angeregt wird (Bild 4). Die zu verzinnenden Gegenstände werden in das Zinnbad in der Nähe des Schwingers kurzzeitig eingetaucht und sind danach verzinkt und somit lötbar. Die so verzinten Teile können mit einem normalen LötKolben bzw. mit einer Flamme mit anderen lötbaren Gegenständen verbunden werden. Sind größere Gegenstände (Bleche, Drehkörper, Flansche, Ge-

häuse usw.) zu verzinnen, so wird das Griffelverfahren (Bild 5) angewendet. Die zu verzinnenden Stellen bringt man hierbei auf Löttemperatur (etwa 250° C), gibt Lotmetall auf und streicht mit dem Griffel kurzzeitig über die gesamte zu verzinnende Fläche. Anschließend oder nach Abkühlung (Abschrecken ist wegen Auskristallisieren nicht zulässig) können diese Stellen, wie oben schon erwähnt, weiter verbunden werden. Bei einfachen Nähten oder Stößen ist es auch ohne weiteres möglich, die Verzinnung der Aluminiumteile und die Lötung mit dem Lötkepf in einem Arbeitsgang unter Beifügung von Lotmetall vorzunehmen. Ein nach dem Griffel-Lötverfahren hergestelltes Lötmetall zeigt Bild 6.

Festigkeitsuntersuchungen an mit obigem Gerät hergestellten Lötverbindungen ergaben eine so gute Haftung zwischen Lotmetall und Aluminium, daß der Riß



Bild 5 Griffel-Lötverfahren mit Vorwärmplatte

bzw. die Abscherung im Aluminium erfolgt. Bei der in Bild 7 gezeigten Zerreißprobe handelt es sich um einen Aluminium-Blechstreifen von 1,5 mm Dicke und 20 mm Breite, dessen beide Enden 6 mm überlappt verlötet sind. Es ergab sich jeweils eine Rißstelle im Grundmetall. Es trat also kein Riß in der Lötfläche zwischen Grund- und Lotmetall auf.

Die Untersuchungen über die Korrosionsanfälligkeit der Aluminium-Lötverbindungen sind noch nicht abge-



Bild 7 Zerreißprobe an einem mit Ultraschall und reinem Zinn überlappt gelöteten Aluminiumstreifen

schlossen. Wegen der Potentialunterschiede in der bekannten Spannungsreihe ist in feuchter Atmosphäre mit einer Elementbildung zu rechnen. Wir konnten bisher diese Erscheinung noch nicht einwandfrei nachweisen, doch empfiehlt es sich, bei Verwendung in feuchter Atmosphäre die Übergangsstellen Zinn—Aluminium mit einer Schutzschicht, z. B. wasserfestem Schutzlack od. dgl., zu überziehen, um so von vornherein einer Korrosion vorzubeugen.

Beim Ultraschall-Verzinnen kann man sich den physikalischen Vorgang folgendermaßen vorstellen: Das Aluminium hat an seiner Oberfläche eine mikroskopisch dünne Oxydschicht, die eine Verbindung Aluminium—Zinn verhindert. Durch die vom Ende des Lötgriffels ausgesandten Ultraschallschwingungen wird vermutlich durch Kavitation diese Oxydhaut zertrümmert, und es entsteht ein molekulares Ineinandergreifen von Zinn mit dem Aluminium. Ein Schliffbild einer durch Ultraschall



Bild 8 Schnitt durch eine Aluminium-Zinn-Lötung (geätztes Schliffbild, vergrößert). Die durch Ultraschall abgetragenen Al-Teilchen sind im Zinn gelöst

hergestellten Verzinnung von Aluminium zeigt Bild 8. Weitere Abbildungen von Schliffbildern sind in einer früheren Arbeit von Wenk und Nündel [3] enthalten.

In den letzten Jahren sind auch im Ausland Ultraschall-Lötgeräte unter Verwendung des oben beschriebenen Verfahrens gebaut worden. Von der Lockheed Aircraft Corporation Burbank, California, erschien eine Abhandlung über Soldering Aluminium Alloys [4]. Die Firma Mullard Electronic Products Limited, London, hat kürzlich ebenfalls ein Ultraschall-Lötgerät herausgebracht.

Schrifttum

- [1] H. Barwich: „Verfahren und Vorrichtung zum Verlöten von Gegenständen aus Aluminium usw.“, DRP Nr. 720 629 (1938).
- [2] P. Wenk: „Der Ultraschall und seine Anwendung in der Industrie“, Feinwerktechnik 53, H. 6, (1949), S. 157.
- [3] P. Wenk u. U. Nündel: „Ein Ultraschall-Lötgerät für Aluminium“, Siemens-Zeitschrift 25. Jahrg. 2, (1951), S. 91—94.
- [4] Frank W. Thomas and Eli Simon: „Soldering Aluminium Alloys“, Electronics 21 (1948), S. 90.

Aussprache

Herr K. H. Hahne, Osnabrück: In Amerika wird ein Gerät gebaut, bei dem ein elektrisch geheizter Lötkepf mit Ultraschall erregt wird. Sie wollen, wenn ich Sie richtig verstanden habe, diesen Weg also nicht gehen?

Vortragender: Um das Siemens-Schuckert-Ultraschall-Lötgerät universell einsatzbereit zu machen, be-

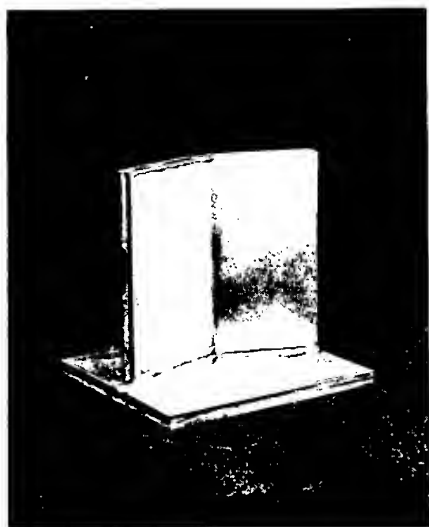


Bild 6 Lötmetall — Aluminium, 5 mm — mit Ultraschall und reinem Zinn gelötet

nutzen wir Fremderhitzung. Man kann also mit diesem Gerät sehr kleine Gegenstände und auch Werkstücke von größerem Ausmaße bequem verzinnen bzw. verlöten. Ich möchte noch bemerken, daß das von Ihnen erwähnte Gerät nicht in Amerika, sondern in England gebaut wird.

Herr A. Loser, Frankfurt: Kann man auch Leiterseile von Freileitungen und Kabeln mit dem Gerät verzinnen? Wie hoch ist die Leistungsaufnahme? Kann man das Gerät aus tragbaren Batterien speisen? Sind gesundheitliche Schäden möglich, wenn z. B. ein Monteur mit dem Fingernagel fühlt, ob das Gerät arbeitet? Welche Lacke eignen sich zum Lackieren der Lötstellen im Freien?

Vortragender: Versuche, um Leiterseile von Freileitungen zu verzinnen, sind bisher nicht gemacht worden. Bei der Verzinnung von Kabeln ist es notwendig, diese aufzuspleißen und jede Leitung einzeln zu verzinnen.

Die Leistungsaufnahme des Geräts beträgt etwa 45 VA. Das Gerät ist zur Zeit nicht für Batterieeinsatz gedacht, kann aber bequem durch einen kleinen Umformer (50 VA) gespeist werden.

Gesundheitliche Schäden sind bisher nicht beobachtet worden. Eine Prüfung mit dem Fingernagel ist zu vermeiden. Das Geräusch am Werkstück zeigt deutlich, daß das Gerät arbeitet.

Für Lackierungen der Lötstellen im Freien eignen sich Speziallacke für Aluminium bzw. bitumenhaltige Lacke ohne Kresolbestandteile.

Herr H. F. Schwenkhagen, Wuppertal: Den mikroskopischen Aufnahmen des Herrn Vortragenden kann man entnehmen, daß nicht nur die Oxydschicht des Aluminiums durch Ultraschall zerstört wird, sondern das Grundmetall selbst abgetragen wird. Erfolgt dieser Angriff bei anderen Metallen ebenso? Kann der Herr Vortragende eine Erklärung für diese Effekte geben?

Liegen Versuchsergebnisse darüber vor, welche Zinnmengen benötigt werden, um nach den im Vortrag gezeigten Verfahren der Tauchlötung Aluminiumbänder mit einer porenfreien, chemisch dichten Zinnschicht zu bedecken? Kann man gegebenenfalls ähnlich wie bei der Hochfrequenzvergütung bei gewöhnlichem Weißblech auch hier durch Nachschmelzen der Deckschicht die Qualität verbessern?

Vortragender: Wie schon angedeutet, findet nicht nur eine Zerstörung der Oxydschicht des Aluminiums statt, sondern bei längerer Einwirkung findet auch eine Abtragung des Aluminiums statt. Aluminiumfolien können in kürzester Zeit mit dem Lötgriffel zerstört werden. Bei härteren Metallen erfolgt der Angriff bei gleicher Intensität entsprechend langsamer. Als Effekt vermuten wir eine Art Kavitation.

Die Zinnmengen, die benötigt werden, um Aluminiumbänder mit einer porenfreien, chemisch dichten Zinnschicht zu bedecken, sind bisher noch nicht ermittelt worden. Eine Qualitätsverbesserung der Deckschicht durch Nachschmelzen wird sich auch in diesem Falle erreichen lassen.

Herr R. Guthmann, Brilon: Kann man Aluband im Durchlaufverfahren verzinnen und an dieses so verzinnende Band andere Teile anlöten?

Vortragender: Es ist möglich, Aluminiumband im Durchlaufverfahren zu verzinnen und an dieses Band andere Teile anzulöten.

Herr Widl, Stuttgart: Besteht die Möglichkeit, das Verfahren zum Löten von Kabelmänteln aus Aluminium zu verwenden?

Vortragender: Nur dann, wenn der Kabelmantel etwa mit Hilfe einer Lötlampe bis 250° C erwärmt werden kann.

Herr Bergholtz, Stuttgart: Was geschieht im Tauchverfahren durch die Abtragung des Oxydes und des Al mit dem Sn-Bad? Wann muß das Bad erneuert werden und woran erkennt der Arbeiter, daß das Bad erneuert werden muß?

Vortragender: Bei längerem Arbeiten mit dem Tauchverfahren entsteht auf dem Zinnbad eine Art Schlackenschicht, die nach einer gewissen Zeit mit einem Holzstäbchen leicht entfernt werden kann. Das Auftreten der Schlackenschicht ist leicht zu erkennen. Nach der Entfernung dieser Schicht wird neues Zinn hinzugefügt.

Herr E. Wesselhöft, Wilhelmshaven: Ist es auch möglich, Nicht-Al-Metalle mit Ultraschall zu löten, z. B. Ni, Cr usw.?

Vortragender: Das Gerät ist speziell für die Lötung von Aluminium entwickelt worden. Bei Anwendung von größeren Intensitäten werden sich auch Nickel und Chrom verlöten lassen.

Methoden zur Erzeugung eines künstlichen Nachhalles

Von H. Kösters und A. Panceram

Häufig sind bei Rundfunkaufnahmen und Schallplattenaufnahmen die Nachhallverhältnisse des Aufnahmeortes nicht so, wie man sie sich für die Übertragung wünscht. Seit langem ist es deshalb üblich, einen Nachhall einzublenken, indem man die Tonfrequenz ganz oder zum Teil auf einen Lautsprecher gibt, der in einem halligen Raum steht und den Schall wieder mit einem Mikrofon aufnimmt und dem ursprünglichen Kanal zumischt. Dieses Verfahren hat viele Nachteile. Zunächst hat jeder Raum ein typisches Nachhallbild, bestimmt durch den Verlauf der Frequenzkurve des Nachhalles und durch die unvermeidlichen Eigenresonanzen des Raumes. Dazu kommen die spezifischen Eigenschaften des benutzten Lautsprechers. Beide Faktoren geben dem Klang ein bestimmendes Bild, an dem man leicht bei einiger Erfahrung den Hallraum erkennt. Eine Änderung des Nachhallbildes durch Veränderung der Nachhallzeit ist stets ziemlich umständlich, da man hierzu größere Flächen schallschluckenden Materials in den Raum bringen oder daraus entfernen muß. Es entstand deshalb der Wunsch nach Geräten, mit denen man in einfacher Weise den Nachhall zumischen kann und mit denen man es in der Hand hat, die typischen Größen

Nachhallzeit und Frequenzgang der Nachhallzeit leicht zu ändern.

Man kann sich unter bestimmten Voraussetzungen einen Nachhall aus sehr vielen gleichartigen Wellenzügen zusammengesetzt denken, die gegeneinander eine Zeitverschiebung haben und deren Pegel mit zunehmender Zeit immer kleiner werden. Die Aufgabe, die man bei einem Nachhallgerät zu lösen hat, besteht dann im wesentlichen darin, nach einer gewissen Zeit ein vergangenes Schallereignis noch einmal ablaufen zu lassen. Diese Zeitverzögerung kann entweder durch eingeschaltete längere Schallwege und durch Laufzeitketten oder durch Aufzeichnung des Schallvorganges und durch seine Wiedergabe nach einer bestimmten Zeit erreicht werden. Die Zeitunterschiede, die man zwischen der Wiederholung der Schallvorgänge haben muß, lassen sich leicht abschätzen. Bekanntlich wird die Wiederholung eines Schallvorganges als Echo empfunden, wenn der Laufzeitunterschied größer als $\frac{1}{20}$ sec ist, was etwa einem Luftweg von 17 m entspricht. Deshalb ist $\frac{1}{20}$ sec die längste Zeit, die zwischen zwei Wiederholungen zulässig ist. Eine einigermaßen getreue Nachbildung eines Raumnachhalles erfordert aber, daß man die Wiederholung

des Schallvorganges nicht im gleichmäßigen Abstand von $\frac{1}{20}$ sec folgen läßt, sondern daß man entsprechend den verschiedenen Wegen im Raum verschiedene Zeiten in möglichst systemloser Folge wählt.

Man kann einen Raum aber auch als ein System mit sehr vielen, dicht beieinander liegenden Eigenresonanzen betrachten, deren Einschwing- und Ausschwingvorgänge das Nachhallbild bestimmen. Eine Nachbildung des Raumes würde dann durch eine kontinuierliche Reihe elektrischer oder mechanischer Resonanzsysteme möglich sein, die durch den Schallvorgang angeregt werden. Derartige Geräte sind aber bisher nur für einen sehr kleinen Frequenzbereich erprobt worden, z. B. von Bürk, Kottowski u. Lichte [1]. Eine praktische Anwendung dürfte dies Verfahren jedoch kaum finden, da die Zahl der notwendigen Resonanzkreise, die ja das gesamte zu übertragende Frequenzband bedecken müssen, bei der geforderten sehr geringen Dämpfung ungeheuer groß wird.

Für die im folgenden beschriebenen Versuche eignet sich besser die eingangs erwähnte Vorstellung der in unregelmäßigen Abständen folgenden Wiederholungen des Schallvorganges.

1. Schallaufzeichnungsverfahren

Das zunächst einfachste Verfahren ist die Verwendung eines Magnetongerates mit endlosem Band, bei dem mit einem Sprechkopf in üblicher Weise die magnetische Aufzeichnung aufgebracht wird, die dann durch mehrere Köpfe, die hintereinander liegen, abgetastet werden. Wollte man so den Nachhall über einen Dynamikbereich von etwa 40 db herstellen, so brauchte man bei einer Nachhallzeit von 6 sec bereits 80 Wiedergabesysteme. Der Wiedergepegel der einzelnen Köpfe muß dabei im Mittel immer um 0,5 db kleiner werden. Eine solche Apparatur würde aber einen sehr großen Aufwand bedeuten, so daß man bei derartigen Geräten mit starken Einschränkungen zu arbeiten versucht. Als Beispiel sei eine Anordnung besprochen, die von Rich [2] entwickelt wurde, und die auf Vorarbeiten von Goldsmith [3], Begun und Wolf [4] und Wolf [5] beruht. Dieses in Bild 1 dargestellte Gerät benutzt ein umlaufendes Stahlband, das in einer halben Sekunde einmal umläuft. Zur Abtastung der verzögerten Schallvorgänge werden dabei 13 Köpfe benutzt. Man beschränkt sich bei diesem Gerät also darauf, nur die erste halbe Sekunde des Nachhallverlaufes darzustellen und bricht dann ab. Dies bedeutet, daß man einen Nachhall von einer halben Sekunde noch über 60 db verfolgt und damit wahrscheinlich einwandfrei darstellt. Bei einer Nachhallzeit von zwei Sekunden wird aber der Nachhallverlauf nur über einen Bereich von 15 db dargestellt, da ja in der zur Verfügung stehenden halben Sekunde erst ein Abfall von 15 db erfolgt ist. Dies wird von den Verfassern als noch ausreichend erachtet. Längere Nachhallzeiten werden aber mit Sicherheit nicht dem natürlichen Klangbild entsprechend nachgebildet. Für Hörspielzwecke, bei denen man gern besonders lange Nachhallzeiten, z. B. für die Wiedergabe der Akustik von Hallen und Kirchen, erzeugen will, ist das Gerät ungeeignet.

Eine Verbesserung läßt sich aber erzielen, wenn man jetzt die an den Hörköpfen abgenommene Spannung wieder dem Sprechkopf zuführt und noch einmal auf dem Magnetongerät aufzeichnet. Dies geschieht z. B. bei einem Gerät, das von den Technical Laboratories in New Jersey hergestellt wird und das bereits im Handel käuflich ist. Hierbei werden zwei Hörköpfe benutzt, deren Spannungen dem Sprechkopf wieder zugeführt werden. Die Nachhallzeit, die man dann erhält, ist bestimmt durch das Pegelverhältnis der direkten Aufzeichnung und der von dem Hörkopf gewonnenen zweiten Aufzeichnung. Nach den Prospekten kann man

mit diesem Gerät kontinuierlich Nachhallzeiten bis zu 10 sec herstellen. Hierbei werden außerordentlich hohe Anforderungen an den Gesamtfrequenzgang des Gerätes gestellt. Schon bei einer Nachhallzeit von 6 sec muß bei $\frac{1}{20}$ sec Abstand die rückgeführte Spannung und damit die zweite Aufzeichnung im ganzen Frequenzbereich genau um 0,5 db kleiner sein als die vorhergehende Aufzeichnung. Diese Bedingung muß, wenn die geforderte Nachhallzeit im ganzen Frequenzbereich gehalten werden soll, für den gesamten Übertragungsbereich eingehalten werden. Nur kleine Änderungen ändern außer-

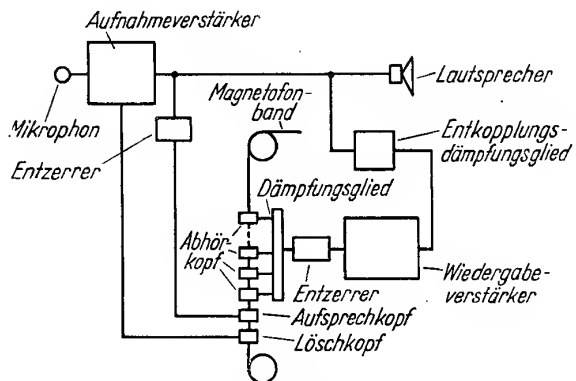


Bild 1 Nachhallgerät nach dem Schallaufzeichnungsverfahren von Rich

ordentlich stark die Nachhallzeit. Wenn an irgendeinem Punkte der Frequenzkurve die Dämpfung den Wert Null erreicht, so wird die Nachhallzeit unendlich. Das Gerät beginnt dann zu schwingen, so daß wahrscheinlich diese großen Nachhallzeiten nur bei der Frequenz erreicht werden, die, über das ganze Aufzeichnungsverfahren gesehen, zufällig die größte Verstärkung besitzt. Ein Nachteil dieses Gerätes ist wahrscheinlich auch die geringe Zahl von Köpfen, weil hierdurch leicht die Periode des Kopfabstandes, besonders bei Knacken und impulsartigen Geräuschen, hörbar wird.

Ein anderes Verfahren, bei dem ebenfalls die notwendigen Verzögerungszeiten mittels einer Tonaufzeichnung erzeugt werden, wurde von Goldmark und Hendricks [6] angegeben. Die Autoren er-

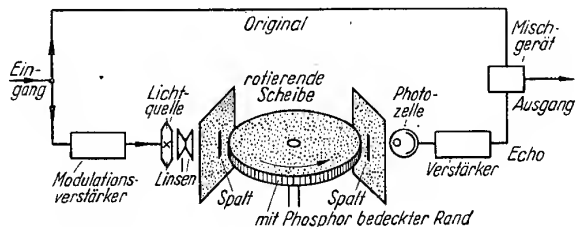


Bild 2 Nachhallgerät nach Goldmark u. Hendricks

zeugen mit Hilfe einer Quarzquecksilberhochdrucklampe, deren Licht mit der Tonfrequenz moduliert wird, eine Intensitätsschrift auf einer rotierenden Scheibe. Diese rotierende Scheibe ist mit einer phosphoreszierenden Substanz bedeckt, deren Leuchtkraft nach der Belichtung annähernd exponentiell abklingt. Durch eine oder mehrere Photozellen, die über die Scheibe verteilt sind, wird die Aufzeichnung wieder abgetastet. Bild 2 zeigt eine Prinzipskizze der Anordnung. Die entstehende Nachhallzeit ist dabei allein bestimmt durch die Abklingzeit der phosphoreszierenden Substanz. Eine Änderung der Nachhallzeit ist also nur dann zu erzielen, wenn man die Substanz wechselt, also eine andere rotierende Scheibe einsetzt. Ein Vorteil ist aber der,

daß das Gerät unbedingt rückkopplungssicher ist, denn die Intensität der Tonspur kann nicht zunehmen. Auch eine Rückführung der Energie ist nicht notwendig. Die technische Ausführung scheint aber nicht ganz einfach zu sein, da es schwierig ist, die genügenden Helligkeiten der Tonlampe bei ausreichender Konstanz zu erzielen.

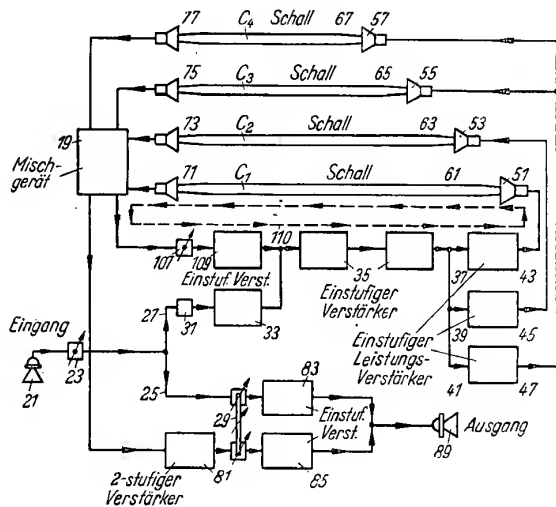


Bild 3 Nachhallgerät nach Olson

2. Laufzeitverfahren

Der Bericht über die Schallaufzeichnungsverfahren zeigte bereits, daß die wesentlichste Aufgabe darin besteht, eine Wiederholung des Schallvorganges mit einer Verzögerung von höchstens $\frac{1}{10}$ sec zu erzeugen. Durch Rückführung dieses verzögerten Signales läßt sich dann stets ein Nachhallbild in seiner einfachsten Form darstellen. Es lag deshalb nahe, diese Verzögerung einfach durch Einschaltung eines Luftweges von etwa 15 m zu erzeugen. Derartige Geräte wurden von H. W. Curran [7] und Harry Olson [8] angegeben. Beide Geräte unterscheiden sich nur unwesentlich voneinander. Curran verwendet ein etwa 30 m langes Rohr von 1 Zoll Durchmesser, das an einem Ende einen Lautsprecher, am anderen ein Mikrophon besitzt. Dazu tritt ein zweites Rohr, das sich in ein 7,62 m und ein 22,86 m langes Rohr-

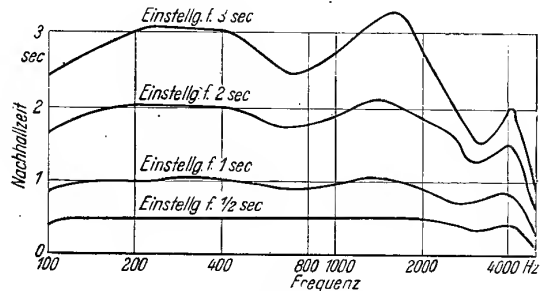


Bild 4 Frequenzgang des Nachhallgerätes nach Olson

stück aufspaltet. Beide Rohre haben einen gemeinsamen Lautsprecher und an den anderen Enden je ein Mikrophon. Das 22,86 m-Rohr hat außerdem ein weiteres Mikrophon, im Abstand von 15,24 m vom Lautsprecher. Die ankommenden Signale haben so etwa eine Verzögerungszeit von $\frac{1}{60}$, $\frac{1}{30}$, $\frac{1}{20}$ und $\frac{1}{10}$ sec. Die empfangenen Signale der beiden Rohre können mit verschiedenem Pegel dem Lautsprecher, der zu dem 30 m-Rohr gehört, wieder zugeführt werden. Die Forderungen nach einer geraden Frequenzkurve sind allerdings hierbei sehr schwer zu erfüllen, da der Frequenz-

gang des Lautsprechers, des Mikrophons und die frequenzabhängige Dämpfung des Rohres entzerrt werden müssen. Dazu kommt die Schwierigkeit der Anpassung des Lautsprechers und des Mikrophons an den Wellenwiderstand des Rohres. Bei sehr sorgfältiger Einstellung des Curranschen Gerätes sollen sich Nachhallzeiten bis zu 6 sec einstellen lassen. Praktisch zuverlässig arbeitet das Gerät aber nur bis höchstens 4 Sekunden. Durch die Schwierigkeit der Entzerrung wird gleichzeitig das zu übertragende Frequenzband sehr beschränkt, da eine zu starke Anhebung der Höhen zum Ausgleich der Dämpfung im Rohr wiederum den Störpegel erhöhen und damit die Dynamik einengen würde. Die Anordnung von Olson Bild 3 unterscheidet sich nur unwesentlich von der eben beschriebenen, obgleich beide Autoren unabhängig voneinander gearbeitet haben. Ihre Wirkungsweise ist aus dem Bild 3 leicht zu ersehen. Olson erzielt im Bereich von 100...2000 Hz

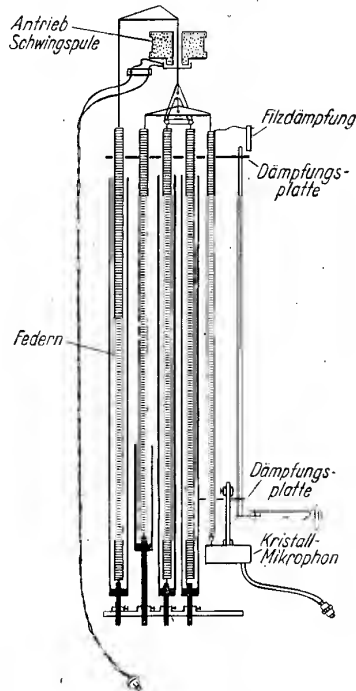


Bild 5 Nachhallgerät mit mechanisch gesteuerter Laufzeitkette nach Hammond

Nachhallwerte von etwa 3 sec, ein Ergebnis, das auch dem von Curran erreichten entspricht. Die in Bild 4 dargestellte Frequenzkurve des Nachhalls bei dem Olsonschen Gerät zeigt aber, daß die Unstetigkeiten der Frequenzkurve mit steigender Nachhallzeit immer stärker hervortreten. Bei einer weiteren Steigerung der rückgeführten Spannung wird der Kurvenverlauf noch unbefriedigender und die Gefahr der Selbsterregung wächst.

3. Laufzeitkettenverfahren

An Stelle einer Luftstrecke kann man natürlich auch eine elektrische oder mechanische Laufzeitkette benutzen. Mills [9] hat wohl zuerst den Vorschlag gemacht, hierfür einen elektrischen Tiefpaß zu benutzen. Man kann sich leicht ausrechnen, daß schon mehrere tausend Glieder hierfür notwendig sind, von denen eine ziemlich hohe Gleichmäßigkeit verlangt wird, wenn man auch nur ein Frequenzband bis 4000 Hz übertragen will. Ein derartiges Gerät dürfte deshalb recht umfangreich und teuer sein.

Von Hammond [10] ist ein Gerät gebaut worden, das die Laufzeit in einer Spiralfeder benutzt. Eine derartige Spiralfeder hat die gleichen Eigenschaften für

Longitudinalwellen wie ein elektrischer Tiefpaß. Die Geschwindigkeiten betragen je nach Art der Feder bis herunter zu 10 m pro Sekunde. Die bekannte Hammond-Orgel enthält ein Nachhallgerät, das mit solchen Federn arbeitet. Schematisch ist die Ausführung in Bild 5 dargestellt. Ein dynamisches Tauchspulensystem überträgt die Bewegung über einen Waagebalken auf fünf verschiedene Federn. Die Feder ganz links dient hierbei gleichzeitig zur Aufnahme der Zugkräfte über ein Hebelsystem. Eine Feder endet an einem Kristallmikrophon. Die Federn sind bewußt so an das dynamische System sowie an das Kristallmikrophon angepaßt, daß ein über die Feder laufender Wellenzug stets wieder mit geringem Verlust reflektiert wird. Jeder am Ende einer Feder reflektierte Impuls regt wieder über den Waagebalken sämtliche anderen Federn an, so daß die Zahl der Reflexionen sich schnell vervielfacht. Ein derartiges System entspricht den raumakustischen Verhältnissen recht gut, da es praktisch keine Periodizität der Signale mehr aufweist. Leider ist es auch hier technisch sehr

schwierig, eine gerade Frequenzkurve zu erzielen, da selbst bei sorgfältig gewickelten Federn die einzelnen Elemente dieses mechanischen Tiefpasses nicht gleichmäßig ausfallen und da zahlreiche andere Schwingungsformen der Federn möglich sind, deren gleichzeitige Anregung sich nicht vermeiden läßt.

Schrifttum

- [1] Bürck, Kotowski u. Lichte: Die Hallwirkung von Räumen, ENT, Bd. 13, 1936, S. 268—279.
- [2] E. S. Rich: Report on a method of obtaining artificial reverberation, Brush Development Comp., Jan. 1941.
- [3] A. N. Goldsmith: U. S. — Patent Nr. 2, 105, 318.
- [4] S. J. Begun and S. K. Wolf: On synthetic reverberation, Communications, Aug. 1938.
- [5] S. K. Wolf: Artificially controlled reverberation, J. Soc. Mot. Pict. Eng., 1939, S. 390—397.
- [6] P. C. Goldmark and P. S. Hendricks: Synthetic reverberation. Proceedings of the J. R. E., July 1939.
- [7] G. W. Curran: An artificial reverberation System. Audio Eng. 32, May 1948.
- [8] H. F. Olson: Synthetic reverberation System. U.S.-Patent Nr. 2, 493, 638.
- [9] J. Mills: U.S.-Patent Nr. 1, 647, 242.
- [10] L. Hammond: Reverberation control with Hammondorgan Hammond-Orgel-Comp., 1939.

g) 00-13-36904

Führende Fachzeitschriften der deutschen Wirtschaft



VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH
HELIOS-VERLAG GMBH • BERLIN • FRANKFURT/M. • STUTTGART

Informations- und Werbeorgane von ho

FUNK-TECHNIK

RADIO · FERNSEHEN · ELEKTRONIK

Die Fachzeitschrift für Ingenieure, Labor- und Industrie-Techniker, Rundfunkhändler und Rundfunkmechaniker, Kurzwellenamateur sowie Bastler, Studenten, Lehrlinge und Schüler.

Aus dem Inhalt: Wirtschaftsberichte und Neuerscheinungen der deutschen und ausländischen Radioindustrie · Bauanleitungen für Empfänger und Meßgeräte · Eich- und Prüftechnik · Wissenswerte für den Kurzwellenamateur · UKW- und Röhrentechnik · Entwicklung des Fernsehens im In- und Ausland · Bauanleitungen für Fernsehempfänger in Baugruppenform · Kurse für den jungen Techniker · Instandsetzungswinke · Messeberichte · FT-Briefkasten · FT-Zeitschriftendienst

Monatlich 2 Hefte · Preis DM 1,— je Heft



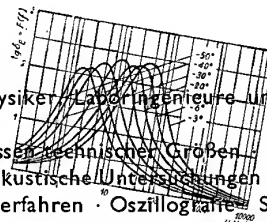
FUNK UND TON

MONATSHEFT FÜR HOCHFREQUENZTECHNIK UND ELEKTROAKUSTIK

Die Fachzeitschrift für HF-Wissenschaftler, Elektroakustiker, Tonfilmt Techniker, Physiker, Laboringenieure und Studenten der Physik und HF-Technik.

Aus dem Inhalt: Theorie und Praxis der Fernsichttechnik · Verfahren über das Messen technischer Größen · Untersuchungen von Ausbreitungs- und Bündelungsproblemen · Vierpoltheorie · Elektroakustische Untersuchungen · Elektronen-Kern- und Atomphysik · Röhren- und Übertragungstechnik · Modulationsverfahren · Oszillografie · Schwingungsforschung · Verstärkungstechnik · Elektromedizin · Neue Werkstoffe der Elektrotechnik · Referate, Auslese von Zeitschriften des In- und Auslandes.

Monatlich 1 Heft · Preis DM 3,—



LICHTTECHNIK

BELEUCHTUNG · ELEKTROGERÄT · INSTALLATION

Organ der Lichttechnischen Gesellschaft (LTG) e.V. und weiterer Verbände

Aus dem Inhalt: Neue Lichtquellen und Möglichkeiten ihrer Anwendung · Beleuchtung in Wohnräumen, Läden, Arbeitsräumen, Kulturbauten usw. · Straßen- und Verkehrsbeleuchtung · Neue Werbe-Beleuchtungsanlagen · Beleuchtungsglas und Lampenschirme · Beleuchtungskörper-Stilkunde · Gas-, Propan-, Butan-Beleuchtungs-Leuchten des Auslandes · Elektrische Heiz- und Kochgeräte · Elektromotorische Geräte · Elektromedizinische Geräte · Bestrahlungslampen · Installation von Leuchten und elektrischen Geräten · Technische Neuheiten des In- und Auslandes · Sicherheitsanforderungen · Unfallverhütung · Bezugsquellennachweis

Monatlich 1 Heft · Preis DM 1,50



KAUTSCHUK UND GUMMI

ZEITSCHRIFT FÜR DIE KAUTSCHUK- UND ASBESTWIRTSCHAFT, WISSENSCHAFT UND TECHNIK

Aus dem Inhalt: Die Kautschuk- und Asbestwirtschaft des In- und Auslandes · Aktuelle Fragen der Industrie und des Fachhandels für technische, chirurgische und sanitäre Artikel · Reifenwirtschaft und Reparaturgewerbe · Internationale Rohstoffmärkte · Preis- und Exportgestaltung · Fertigungstechnische Aufgaben und Neuheiten · Kautschuk, Kunst kautschuk und kautschukähnliche Stoffe in Verarbeitung und Anwendung · Fortschritte auf dem Gebiet der Gummimaschinen, Prüf- und Meßgeräte · Wissenschaftliche Forschungsberichte der Kautschuk-Chemie und -Technologie · Referate ausländischer Arbeiten aus Theorie und Praxis · Fachnormen und Prüfverfahren · Gewerblicher Rechtsschutz, Patente und Gebrauchsmuster · Warenkunde für den Nachwuchs · Technische Beratung

Monatlich 1 Heft · Preis DM 3,—



her Qualität

PHOTO-TECHNIK UND -WIRTSCHAFT

ORGAN DES VERBANDES DER DEUTSCHEN PHOTOGRAPHISCHEN INDUSTRIE E.V.

Aus dem Inhalt: Photowirtschaft des In- und Auslandes · Auslandsmarktberichte · Neuheiten der Photoindustrie · Markenrecht und Preisbindung · Rechtsfragen · Patent-, Gebrauchsmuster- und Warenzeichenrecht · Verkaufsschulung und Betriebswirtschaft · Steuerliche Bewertungsfragen und Steuervergünstigung · Neue Gesetze, Verordnungen und Bekanntmachungen · Phototechnische Abhandlungen — Methoden zur Prüfung photographischer Ausrüstungen, Farbenphotographie, Deutsche Platten- und Filmproduktion, Klassifizierung und Charakterisierung von Projektionsapparaten, Grundlagen zur Blitzlicht-Synchronisation usw.

Monatlich 1 Heft · Preis DM 1,50



KINO-TECHNIK

SCHMALFILMKINO — FILMTECHNIK — LICHTSPIELTHEATER

Organ der Deutschen Kintotechnischen Gesellschaft e.V. und weiterer Verbände

Aus dem Inhalt: Die deutsche und die ausländische Filmwirtschaft · Rohfilmfabrikation — Schwarzweiß- und Farbfilm · Aufnahmeapparate- und Projektorenbau · Ateliertechnik und Filmproduktion · Synchronisation · Kopieranstaltstechnik · Lichtspieltheaterbau · Tonfilmanlagen · Filmverleih · Kintotechnische Normung · Kintotechnik und Fernsehen · Patente · Gebrauchsmuster · Urheberrecht · Gewerbliche Verwendung des Schmalfilms · Erstveröffentlichung der Schmalfilmprogramme · Referate aus der in- und ausländischen Fachpresse

Monatlich 1 Heft · Preis DM 1,50



FACHBÜCHER

FARBENPHOTOGRAPHIE VON DR. H. J. LUMMERZHEIM

In diesem Buch ist die gesamte photographische Technik von ihren elementaren Grundlagen der Schwarzweiß-Photographie bis zu den letzten Feinheiten der Farbenphotographie einschl. der Herstellung farbiger Kontaktkopien und Vergrößerungen verständlich und anschaulich dargestellt. Die Farbenphotographie ist wesentlicher Bestandteil dieses Buches, aber auch Projektion, Raumbild, Farbenlehre und Rezeptanwendung sind darin behandelt.

68 Abbildungen und 16 Farbtafeln

Umfang 192 Seiten · In Ganzleinen mit mehrfarbigem Schutzumschlag

Preis DM 12,50

*Ein hervorragendes Werk für
alle Liebhaber der Photographie!*

HANDBUCH FÜR HOCHFREQUENZ- UND ELEKTRO-TECHNIKER

Herausgeber CURT RINT, Chefredakteur der FUNK-TECHNIK

Ein in seiner Art einzig dastehendes Fachbuch für Beruf und Studium. Alle Fragen auf dem Gebiet der Hochfrequenz- und Elektrotechnik, sei es in der Rundfunk-, Fernmelde- oder Starkstromtechnik oder in den verschiedenen Nebengebieten, wie Tonfilm, Elektroakustik, Isolierstoffe und Lichttechnik, werden erschöpfend behandelt. Reichhaltiges Zahlen-, Tabellen- und Formelmateriale ergänzen den wertvollen Inhalt.

DIN A 5 · 800 Seiten · 646 Abbildungen und Tafeln · In Ganzleinen gebunden Preis DM 12,50



Verbreitung in aller Welt

Bezugsquellen-Nachweis

Index of Sources of Supply

Indication des sources de livraison

BERLIN UND BUNDESGBIET Post, Buch- und Zeitschriftenhandel oder direkt vom Verlag

Saargebiet

Ludwig Schubert, Neunkirchen/Saar, Stummstr. 15

AUSLAND

Afrika

K. & P. Lohmiller, Johannesburg/Südafrika

Argentinien

Libreria Goethe, Corrientes 366, Buenos Aires

Belgien

Office International de Librairie, S. P. R. L.
184, rue de l'Hôtel-des-Monnaies, Brüssel

Brasilien

Fritz E. Stephan, Av. Farrapos, 77, Porto Alegre
Livraria Importadora H. Kohls, Caixa Postal 202
Joinville—Santa Catarina

Dänemark

Arnold Busck, International Boghandel,
Kjobmagergade 49, Kopenhagen

England

Lange, Maxwell & Springer Ltd., 41-45 Neal Street,
London W. C. 2

Finnland

Akateeminen Kirjakauppa, Helsinki, Keskuskatu 2

Frankreich

Librairie Technique & Documentation,
11, rue Lavoisier, Paris 8

Holland

Dekker en Nordemann's Wetenschappelijke Boek-
handel N. V., O. Z. Voorburgwal 243, Amsterdam C

Italien

Verlagsbuchhandlung Ulrico Hoepli, Corso Matteotti 12,
Mailand

Luxemburg

Librairie du Centre, 20, rue de la Poste (Place d'Armes),
Luxembourg

Norwegen

Nordisk Abonnementservice, Postboks 702, Oslo

Österreich

Hartleben o. H. G., Innsbruck, Bozner Platz 4
Wien I, Habsburgergasse 6-8

Rumänien

Centrul de Librarii si Difuzare a Cartii, Centrul „Imex“,
Bukarest

Schweden

Wennergren-Williams A. B., Box 657, Stockholm I

Schweiz

H. Thali & Cie, Hitzkirch

Spanien

Publicitas S. A., Barcelona, Pelayo, 44 Apartado 828

Tschechoslowakei

Orbis, Printing, Publishing and Newspaper Company Ltd.
Str. Foisorului Nr. 41, 37 Narodni, Prag I

Türkei

Kitap Sarayi Ltd., Boite Postale 2196, Sirketi

Ungarn

IBUSZ Ungarisches Außenhandelsunternehmen für
Bücher und Zeitungen, Akademia-ul. 10, Budapest

USA

Stechert-Hafner Inc., 31 East 10th Street, New York

Should the appropriate source of supply be not available please forward order-form direct to the publishers
La référence manque veuillez envoyer directement le bulletin de commande à la maison d'édition.

BESTELLSCHEIN · ORDER FORM · BON DE COMMANDE

1. Liefern Sie aus dem **VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH**
Please send from **BERLIN-BORSIGWALDE (West-Sektor)**
Vous êtes priés de livrer

zu den Abonnementsbedingungen die Fachzeitschrift: **FUNK-TECHNIK · FUNK UND TON · LICHT-
on terms of subscription the following journal: TECHNİK · PHOTO-TECHNIK UND -WIRTSCHAFT
aux conditions de l'abonnement la revue suivante: KINO-TECHNIK · KAUTSCHUK UND GUMMI**

das Fachbuch: **FARBENPHOTOGRAPHIE**
the following book: **HANDBUCH FÜR HOCHFREQUENZ- UND ELEKTRO-TECHNIKER**
l'oeuvre suivante:

2. Liefern Sie unverbindlich und kostenlos 1 Probeheft bzw. einen Spezialprospekt der Zeitschrift: Please send me
without cost or obligation 1 specimen copy of the following journal: Vous êtes priés de nous faire parvenir
gratuitement et sans engagement de notre part un exemplaire à titre d'échantillon la revue suivante:

Nichtgewünschtes bitte streichen · Cross out one not required · Royez l'inutile

Name: _____
nome, nom

Genauere Anschrift: _____
full address, adresse complète

h) 00-B-36904



VERBAND DEUTSCHER ELEKTROTECHNIKER

JAHRESVERSAMMLUNG HANNOVER 1951

Wichtige Hinweise

1. *Anmeldung zur Teilnahme:*

Die Anmeldung ist schriftlich der VDE - Tagungsgeschäftsstelle in Hannover, Osterstraße 33/I, Zimmer 16 (Städtische Betriebswerke), zuzustellen.

Fernruf: Hannover 2 73 21 (Rathaus), Nebenleitung 23 34 und 22 27.

Telegrammadresse: Elektrotagung.

Fernschreiber: 023 759/VDE.

2. *Quartierbestellung:*

Quartierbestellungen sind an das Städtische Verkehrsbüro in Hannover, Ernst-August-Platz 8, gegenüber dem Hauptbahnhof, zu richten.

Geöffnet werktags von 7 bis 22 Uhr, sonntags von 10 bis 13 Uhr, während der Tagung am 11. Juni von 7 bis 24 Uhr, die übrigen Tage von 7 bis 22 Uhr.

Fernruf: Hannover 2 25 05.

3. *Ausgabe der Tagungsunterlagen:*

Das Teilnehmerheft wird nicht zugestellt, sondern in der Empfangsstelle im Städtischen Verkehrsbüro Hannover, Ernst-August-Platz 8, gegenüber dem Hauptbahnhof, bereitgehalten. Fernruf: Hannover 2 25 05.

4. *Hauptversammlung und Gesellschaftsabend:*

Dienstag, am 12. Juni 1951, in der Niedersachsenhalle neben der Stadthalle (siehe Seite 4).

5. *Fachberichte:*

Dienstag, am 12. Juni 1951

Mittwoch, am 13. Juni 1951

Donnerstag, am 14. Juni 1951

in der Technischen Hochschule, Nienburger Straße (siehe Seite 5).

6. *Teilnehmerverzeichnisse:*

liegen im Städtischen Verkehrsbüro aus, ebenfalls ein Treffbuch.

Postausgabe.

Tagungsübersicht

MONTAG, 11. JUNI

- 9.00 Sitzung des Prüfstellenausschusses im Neuen Rathaus (Ratsstube)
- 11.00 Sitzung des technischen Ausschusses im Neuen Rathaus (Ratsstube)
- 11.00 Sitzung des Zeitschriftenausschusses im Neuen Rathaus, Zimmer 126 (Grünes Sprechzimmer)
- 14.00 Vorstandssitzung im Neuen Rathaus (Ratsstube)
- 17.00 Delegiertenversammlung im Neuen Rathaus (Hodlersaal)
- ab 20 Uhr zwangloses Treffen der schon anwesenden Mitglieder mit Damen in der Stadthallenwirtschaft

DIENSTAG, 12. JUNI

- 9.00 Hauptversammlung in der Niedersachsenhalle
- 15.00 Fachberichte in der Technischen Hochschule (Eingang Westflügel)
- 20.00 Gesellschaftsabend mit gemeinsamem Abendessen in der Niedersachsenhalle

MITTWOCH, 13. JUNI

- 9.00 Fachberichte in der Technischen Hochschule
- 15.00 Fachberichte in der Technischen Hochschule
- 9.00, 10.00 u. 15.00 Besichtigung hannoverscher Industriebetriebe

- 20.00 Festvorstellungen im Opernhaus und im Schauspielhaus

Für die Damen:

- 9.00 Besichtigung von Industriebetrieben
- 10.30 Stadtrundfahrt

DONNERSTAG, 14. JUNI

- 9.00 Fachberichte in der Technischen Hochschule
- 15.00 Fachberichte in der Technischen Hochschule
- 8.00 u. 9.00 Besichtigung hannoverscher Industriebetriebe
- 14.15 Exkursion Nr. 1 nach Düşhorn

Für die Damen:

- 9.00 Besichtigung von Industriebetrieben
- 10.30 Stadtrundfahrt
- 14.15 Kaffeefahrt nach Bad Pyrmont

FREITAG, 15. JUNI

- 7.30 Exkursion Nr. 2 nach Lahde
- 7.30 Exkursion Nr. 3 nach Rhumspringe
- 7.00 Exkursion Nr. 4 nach Alt-Garge
- 7.00 Exkursion Nr. 5 nach Lüchow
- 7.30 Exkursion Nr. 6 nach Helmstedt
- 7.30 Exkursion Nr. 7 nach Wolfsburg
- 9.00 u. 14.00 Besichtigung hannoverscher Industriebetriebe

SONNABEND, 16. JUNI

- 9.00 Exkursion Nr. 8 nach Hameln
- 14.00 Besichtigung U. W. Lehrte der Preußische Elektrizitäts-AG.

Hauptversammlung

DIENSTAG, 12. JUNI, IN DER NIEDERSACHSENHALLE

- Beginn 9.00
- 1 Musikalische Einleitung:
„Prometheus-Ouvertüre“ von Beethoven
 - 2 Begrüßungen
 - 3 Ehrungen
 - 4 Musikalische Einlage: Finale aus Symphonie 104 D-dur
von Haydn
 - 5 Hauptvortrag: Prof. Dr.-Ing. Karl Küpfmüller, Stuttgart,
„Die Technik der elektrischen Nachrichtenverbindungen“
 - 6 Aussprache
 - 7 Jahresbericht des Vorsitzenden
 - 8 Geschäftsbericht des Generalsekretärs
- Es spielt das Collegium musicum der Technischen Hochschule
unter Leitung von Prof. Dr. Walter Scheele,
verstärkt durch Mitglieder des hannoverschen Polizeiorchesters

GESELLSCHAFTSABEND in der Niedersachsenhalle

- Beginn 20.00
- Gemeinsames Abendessen
Künstlerische Darbietungen
Tanz · Ende 2.00
Dunkler Anzug erwünscht

Übersichtsplan über die Fachberichte

*Technische Hochschule, Nienburger Straße, Eingang Westflügel,
Straßenbahnlinien 6 und 16*

Zeit	Hörsaal 39	Hörsaal 40	Hörsaal 42	Hörsaal 137
------	------------	------------	------------	-------------

DIENSTAG, 12. JUNI 1951, nachmittags

	Gruppe G	Gruppe K I	Gruppe A	Gruppe L I
15.00	Steuerung und Regelung	Drahtfernmelde- technik	Elektromaschinen	Hochfrequenz- technik
15.15	Schilling	Thierbach	Leukert	Nestel
16.15	Curion	Oehlen	Happoldt	Rothe
17.15	Förster	Heitzmann	Moldenhauer	Kloepfer

MITTWOCH, 13. JUNI 1951, vormittags

	Gruppe F I	Gruppe K II	Gruppe B	Gruppe L II
9.00	Elektrowärme	Drahtfernmelde- technik	Schaltanlagen und Netze	Hochfrequenz- technik
9.15	Sorgenicht	Mehlis	Reiske	Urtel
10.15	Kaufmann	Hebel	Meiners	Bredner
11.15	Walter	Zimmermann	Fischer	Schmid

MITTWOCH, 13. JUNI 1951, nachmittags

	Gruppe F II	Gruppe M I	Gruppe C I	Gruppe L III
15.00	Elektrowärme	Meßgeräte	Kabel	Hochfrequenz- technik
15.15	Hauteville	Thal	Gasser	Schmidt, Werrmann
16.15	Brokmeier	Richter	Clausnitzer	Holzwarth, Ulbricht
17.15	Rademacher	Wechsung	Andresen	Berndt, Bosse, Kloepfer

DONNERSTAG, 14. JUNI 1951, vormittags

	Gruppe H	Gruppe M II	Gruppe C II	Gruppe J
9.00	Fernmeldetechnik in Starkstromanl.	Meßgeräte	Isolatoren	Funkentstörung
9.15	Dennhardt	Edler	Läpple	Nowak
10.15	de Quervain	Grosse-Braukmann	Schaudinn	Kebbel
11.15	Blum	Bauer	Dorn	Volk

DONNERSTAG, 14. JUNI 1951, nachmittags

	Gruppe E	Gruppe M III	Gruppe D	Gruppe N
15.00	Antriebe und Lichttechnik	Meßgeräte	Schaltgeräte und Übersp.-Schutz	Elektrophysik, Elektroakustik
15.15	Lemke	Böning	Möller	Wasserrab
16.15	Jordan	v. Ferroni	Kirch	Wenk
17.15	Sturm	Denecke	Parschalk	Kösters

FACHBERICHTE AM DIENSTAG, 12. JUNI

Technische Hochschule, Westflügel

Zeit	Hörsaal 39	Hörsaal 40	Hörsaal 42	Hörsaal 137
	Gruppe G <i>Steuerung und Regelung</i>	Gruppe K I <i>Drahtfernmelde- technik</i>	Gruppe A <i>Elektromaschinen</i>	Gruppe L I <i>Hochfrequenz- technik</i>
15.00	Einführung: Prof. Dr.-Ing. G. Lesch, Karlsruhe	Einführung: Ministerialrat Dr. H. Düll, Darmstadt	Einführung: Prof. Dr. E. Kübler, Blaubeuren	Einführung: Prof. Dr. H. H. Meinke, München,
15.15	W. Schilling, Wolfenbüttel, „Transduktoren“.	D. Thierbach, München, „Die Trägerfre- quenzsysteme im Fernsprechnetz“.	W. Leukert, Erlangen, „Wirkungsgrad und Modellausnut- zung bei wasser- stoffgekühlten Maschinen“.	✓ W. Nestel, Hamburg, „Neuere Entwick- lungen der Rund- funksendetechnik“.
16.15	Curion, Erlangen, „Fortschritte in der Selbststeuerung von Wasserkraft- anlagen“.	P. Oehlen, Köln, „Eindringen der Trägerfrequenz- technik in die Fern- sprechnetzgruppe“.	H. Happoldt, Mannheim, „Die Wirtschaft- lichkeit von wasser- stoffgekühlten Generatoren in 50- Hz-Netzen“.	✓ H. Rothe, Ulm, „Röhrenprobleme, die sich durch die Einführung des UKW-Rundfunks ergeben“.
17.15	✓ Förster, Berlin, „Neues Verfahren zur Steuerung eines stromrichtergespei- sten Umkehran- triebes“.	✓ F. Heitzmann, Mannheim, „Neuartige Isolie- rung für Fern- sprech-Tf- und Hf-Kabel- und -leitungen“.	Moldenhauer, Berlin, „Wasserstoffkühlg. elektr. Maschinen“.	W. Klopfer, Pforzheim, „Die hochfrequen- ten Einrichtungen des Übersee-Funk- sprechverkehrs“.

FACHBERICHTE AM MITTWOCH, 13. JUNI

Technische Hochschule, Westflügel

Zeit	Hörsaal 39	Hörsaal 40	Hörsaal 42	Hörsaal 137
	Gruppe F I <i>Elektrowärme</i>	Gruppe K II <i>Drahtfernmelde- technik</i>	Gruppe B <i>Schaltanlagen und Netze</i>	Gruppe L II <i>Hochfrequenz- technik</i>
9.00	Einführung: Dipl.-Ing. H. Masukowitz, Frankfurt/Main,	Einführung: Prof. Dipl.-Ing. H. Schönfeld, Hannover	Einführung: Dipl.-Ing. R. Mestermann, Hannover	Einführung: Prof. Dr. G. Leithäuser, Berlin
9.15	W. Sorgenicht, Langenberg, „Induktive Erwärmung“.	A. Mehli, Stuttgart, „Die Lösungswege in der Fernwähl- vermittlungstechnik und ihre Freiheits- grade“.	K. Reiske, Erlangen, „Gekapselte Schaltanlagen, ihre Grenzen und ihr Anwendungsgebiet“.	R. Urtel, Pforzheim, „Die Ablenktechnik des Fernsehens“.
10.15	Kaufmann, Berlin, „Neue Entwick- lungen auf dem Gebiet der Hoch- frequenz-Induk- tionsmaschinen“.	M. Hebel, Hechendorf, „Eingliederung des handbedienten Fernverkehrs in ein zukünftiges Fernwahlnetz“.	G. Meiners, Berlin, „Neuerungen im Schaltanlagenbau“.	R. Bredner, Hamburg, „Meßgeräte für Fernsehempfänger“.
11.15	F. Walter, Berlin, „Anwendung elek- trischer Energie hoher Stromstärken in Elektrothermie und Elektrochemie“.	R. Zimmermann, München, „Der Siemens-Hell- Blattschreiber“.	U. Fischer, Berlin, „Analyse und Syn- these der Vorgänge beim Abschalten leer- laufender Hochspan- nungsleitungen“.	K. Schmid, Pforzheim, „Über das Ver- halten von Detek- toren im Dezimeter- wellengebiet“ (mit Vorführung).

FACHBERICHTE AM MITTWOCH, 13. JUNI

Technische Hochschule, Westflügel

Zeit	Hörsaal 39	Hörsaal 40	Hörsaal 42	Hörsaal 137
	Gruppe F II <i>Elektrowärme</i>	Gruppe M I <i>Meßgeräte</i>	Gruppe C I <i>Kabel</i>	Gruppe L III <i>Hochfrequenz- technik</i>
15.00	Einführung: Prof. Dr.-Ing. H. Müller, Langenberg/Rhld.	Einführung: Dr.-Ing. H. Toeller, Frankfurt/Main	Einführung: Prof. Dr. W. Vogel, Köln	Einführung: Prof. Dr. F. W. Gundlach, Darmstadt
15.15	T. v. Hauteville, Stuttgart, „Das Wärme-Im- puls-Verfahren“.	W. Thal, Karlsruhe, „Neue Feinmeß- und Präzisions- instrumente für Gleich- und Wech- selstrom“.	O. Gasser, Erlangen, „Prüfung von Hoch- spannungskabeln unter besonderer Berücksichtigung der Betriebsbean- spruchungen“.	K. O. Schmidt, Darmstadt, H. Werrmann, Berlin, „Die Planung von Richtfunk- verbindungen“.
16.15	K. H. Brokmeier, Dortmund, „Möglichkeiten der Modellunter- suchung in der Wärmeleitungs- forschung“.	J. Richter, Erlangen, „Der Kompen- sationsverstärker — ein neuer Photo- zellenkompensator“.	W. Clausnitzer, Köln, „Aluminiummäntel bei Starkstrom- kabeln für Nieder- und Hochspannung“.	H. Holzwarth, München, G. Ulbricht, Ulm, „Richtfunkanlagen mit Pulsphasen- modulation“.
17.15	H. Rademacher, Essen, „Mögliche Falsch- messungen des Ver- brauches von Elek- troden-Durchlauf- erhitzern“.	H. Wechsung, Frankfurt/Main, „Fehlermessungen an Kabeln mittels Hochfrequenz“.	Andresen, Hannover, „Über einen neuen bleilosen Kabel- mantel“.	W. Berndt, Berlin, H. Bosse, Stuttgart, W. Kloepfer, Pforzheim, „Antennen für Ultrakurzwellen- und Richtfunk- anlagen“.

FACHBERICHTE AM DONNERSTAG, 14. JUNI

Technische Hochschule, Westflügel

Zeit	Hörsaal 39	Hörsaal 40	Hörsaal 42	Hörsaal 137
	Gruppe H <i>Fernmeldetechnik in Starkstromanlagen</i>	Gruppe M II <i>Meßgeräte</i>	Gruppe C II <i>Isolatoren</i>	Gruppe J <i>Funkentstörung</i>
9.00	Einführung: Prof. Dr.-Ing. W. Bader, Stuttgart	Einführung: Dir. Dr.-Ing. K. Schmiedel, Nürnberg	Einführung: Prof. Dr. P. Böning, Porz/Rhein	Einführung: Oberpostrat Dr.-Ing. W. Scholz, Darmstadt
9.15	A. Dennhardt, Hannover, „Entwicklungs- richtungen im Be- triebsfernmelde- wesen der Elektri- zitätsversorgungs- Unternehmen“.	H. Edler, Neuhaus, „Bedeutung von Lagerung und Rei- bung bei neuzeit- lichen Motorelek- trizitätszählern“.	H. Läßle, Berlin, „Zur Bemessung und Gestaltung von In- nenraumisolatoren“.	Nowak, Hannover, „Gegenseitige Be- einflussung von Empfängern beim Ultrakurzwellen- Frequenzmodu- lationsverfahren“ (mit Vorführungen)
10.15	de Quervain, Mannheim, „Leitungsgerichtete Trägerfrequenz- übertragung längs Hochspannungs- leitungen nach dem Einseitenbandver- fahren und ihre Mehrfachaus- nutzung“.	H. Grosse- Brauckmann, Berlin, „Kontaktgesteuerte Zähler und Tarif- geräte“.	K. Schaudinn, Holenbrunn, „Groß-Porzellan- stützer mit abge- schmolzenem Innen- raum für Hochspan- nungsanlagen“.	W. Kebbel, Erlangen, „Funkentstörung und Frequenzstabi- lierung von medi- zinischen Hochfre- quenzgeräten“.
11.15	Blum, Berlin, „Fernsteuerung in Starkstromnetzen durch Überlagerung tonfrequenter Im- pulse“.	R. Bauer, Nürnberg, „Fortschritte im Bau von Trockenspan- nungswandlern“.	H. Dorn, Lauf, „Die Metallisierung keramischer Form- teile für Hartlötung oder mehrfache Weichlötung“.	K. Volk, Stuttgart, „Reichweiten der Zündkerzenent- störungen von Kraft- fahrzeugen bei Am- plitudenmodu- lations- und bei Fre- quenzmodulations- empfang; Entstörung durch störrarme Kerzen und störr- arme Verteiler- finger“.

FACHBERICHTE AM DONNERSTAG, 14. JUNI

Technische Hochschule, Westflügel

Zeit	Hörsaal 39	Hörsaal 40	Hörsaal 42	Hörsaal 137
	Gruppe E <i>Antriebe und Lichttechnik</i>	Gruppe M III <i>Meßgeräte</i>	Gruppe D <i>Schaltgeräte und Überspannungs- schutz</i>	Gruppe N <i>Elektrophysik und Elektroakustik</i>
15.00	Einführung: Dr.-Ing. habil. W. Krämer, Fröndenberg/Ruhr	Einführung: Prof. Dr.-Ing. F. Moeller, Braunschweig	Einführung: Dir. Weber, Berlin	Einführung: Dr. phil. F. A. Fischer, Darmstadt
15.15	G. Lemcke, Mannheim, „Entwicklung und Stand der Technik von elektrischen Fördereinrichtungen für Bergwerke“.	P. Böning, Porz/Rhein, „Entnahme kleiner Leistungen aus Wechselspannungs- netzen für Meß- zwecke und zur Speisung von Tele- phoniegeräten“.	Möller, Heidelberg, „Kurzschlußfeste Motorschutz- schalter“.	Th. Wasserrab, Mannheim, „Fortschritte in der Erforschung der Stromrichter-Gas- entladungen“.
16.15	H. Jordan, Berlin, „Elektromagne- tische Schwing- antriebe“.	v. Ferroni, Berlin, „Fortschritte auf dem Gebiet der Mehrfach-Elektro- nenstrahl-Oszillo- graphie“.	G. Kirch, Berlin, „Neue Bauformen der Expansions- schalter“.	Dr. P. Wenk, Erlangen, „Löten von Alu- minium mit Ultraschall“.
17.15	C. H. Sturm, Eberbach, „Vorschaltgeräte für Niederspan- nungs-Leuchtstoff- lampen“.	W. Denecke, Braunschweig, „Neue Verfahren zur Messung des Phasenwinkels und der Frequenz“.	F. Parschalk, Mannheim, „Überspannungs- ableiter im Rahmen der Isolations- koordination von Hochspannungs- anlagen“.	H. Kösters, Hamburg, „Methoden zur Er- zeugung eines künst- lichen Nachhalls“.

Veranstaltungen für die Damen

MITTWOCH, 13. JUNI

Vormittags: Werksbesichtigungen:

9.00 H. Bahlsens Keksfabrik, Podbielskistraße 252,
Treffpunkt: Eingang des Verwaltungsgebäudes, zu erreichen mit
Straßenbahnlinien 3, 4, 7, 9, Haltestelle Lister Platz

11.00 Reemtsma, Zigarettenfabrik, Constantinstraße 40, zu erreichen
mit Straßenbahnlinien 3, 7, Haltestelle Pelikanstraße

Zur Wahl:

10.30 Stadtrundfahrt, Herrenhäuser Gärten,
Treffpunkt: am Georgsplatz, vor der Landeszentralbank

Nachmittags: Konzert-Kaffee im Stadthallengarten (Bundes-Gartenschau)
Beginn: 15.00 Uhr

Abends: Theaterbesuch (siehe Seite 40)

DONNERSTAG, 14. JUNI

Vormittags: Werksbesichtigungen:

9.00 Deutsche Grammophon-Ges. m. b. H., Podbielskistraße 76,
Treffpunkt: am Werkseingang, zu erreichen mit
Straßenbahnlinien 3, 7, Haltestelle Pelikanstraße

11.00 Schokoladenfabrik B. Sprengel & Co., Glünderstraße 8,
zu erreichen mit Straßenbahnlinie 6, Haltestelle Schneiderberg,
oder Linie 18, Haltestelle Sandstraße

Zur Wahl:

10.30 Stadtrundfahrt, Herrenhäuser Gärten,
Treffpunkt: am Georgsplatz, vor der Landeszentralbank

Nachmittags: Ausflug nach Bad Pyrmont (siehe auch Seite 40)
Abfahrt: 14.15 Uhr vom Georgsplatz (Landeszentralbank)
In Bad Pyrmont Besichtigung der Parkanlagen, und Kaffeetafel mit
Konzert auf der Kurhausterrasse. Gelegenheit zu Spaziergängen
Rückfahrt: etwa 20.30 Uhr, Ankunft: in Hannover 22.30 Uhr

Besichtigungen hannoverscher Betriebe

Anmeldungen zu allen Besichtigungen durch Eintragung in die Listen,
die in der Empfangsstelle (Städt. Verkehrsbüro) ausliegen (vgl. S. 40).

1. *Hackethal Draht- und Kabelwerke Aktiengesellschaft*,
Hannover, Stader Landstraße 69
Kupferwalzwerk, Drahtzieherei, Fertigung von Starkstrom- und
Fernmeldekabeln sowie isolierter Leitungen.
Mittwoch, 13. Juni, 9.00 Uhr,
Donnerstag, 14. Juni, 9.00 Uhr,
Freitag, 15. Juni, 9.00 Uhr.
Treffpunkt: 9.00 Uhr am Opernhaus (Südseite).
Abholung durch Werksautobus.
Nach der Besichtigung des Betriebes Mittagstisch im Werkskasino.
Dauer jeder Besichtigung: etwa 2 1/2 Stunden.
Teilnehmerzahl: je 40 Personen.
Angehörige von Wettbewerbsfirmen werden gebeten, sich nicht zu
dieser Besichtigung anzumelden.
2. *Telefunken-Ges. für drahtlose Telegrafie*,
Hannover, Göttinger Chaussee 76
Mittwoch, 13. Juni, 14.00 Uhr,
Donnerstag, 14. Juni, 9.00 Uhr,
Freitag, 15. Juni, 14.00 Uhr.
Treffpunkt: 9.00 Uhr bzw. 14.00 Uhr am Werkseingang.
Zu erreichen mit der Straßenbahnlinie 5, Haltestelle Pfarrstraße.
Dauer der Besichtigung: etwa 2 Stunden.
Anschließend Imbiß in der Werkskantine.
3. *C. Lorenz AG.*, Hannover, Göttinger Chaussee 76
Mittwoch, 13. Juni, 9.00 Uhr,
Donnerstag, 14. Juni, 9.00 Uhr.
Treffpunkt: 9.00 Uhr am Werkseingang.
Zu erreichen mit der Straßenbahnlinie 5, Haltestelle Pfarrstraße.
Einführungsvortrag über Fernschreibtechnik.
Dauer der Werksbesichtigung: etwa 2 1/2 Stunden.

4. *Kraftwerk Herrenhausen* der Städt. Betriebswerke Hannover,
Hannover-Herrenhausen, Elbestraße
Mittwoch, 13. Juni, 10.00 Uhr,
Donnerstag, 14. Juni, 10.00 Uhr.
Treffpunkt: 10.00 Uhr am Werkseingang.
Zu erreichen mit den Straßenbahnlinien 6 und 16, Haltestelle Lein-
häuser Bahnhof.
Dauer: etwa 2 Stunden.
5. *Umspannwerk Lehrte* der Preußischen Elektrizitäts-AG., Hannover,
220 kV-Schaltanlage
Sonntag, 16. Juni, 14.00 Uhr.
Treffpunkt: 14.00 Uhr am Opernhaus (Südseite).
Fahrt mit Autobus nach Ahlten bei Lehrte.
Nach der Besichtigung Kaffeetafel in Lehrte.
Rückfahrt mit Autobus zur Stadt.
6. *Verstärkeramt* der Deutschen Bundespost, Hannover, Rosenstraße,
und Fernamt Hannover-Kleefeld, Pertzstraße
Mittwoch, 13. Juni, 9.00 Uhr,
Freitag, 15. Juni, 9.00 Uhr.
Treffpunkt: 9.00 Uhr Verstärkeramt, Rosenstraße (Nähe Haupt-
bahnhof), anschließend mit Autobus zum Fernamt Kleefeld.
Dauer: etwa 2 Stunden.
7. *Continental Gummi-Werke Aktiengesellschaft*, Werk Stöcken,
Hannover-Stöcken, Stöckener Straße
Donnerstag, 14. Juni, 9.30 Uhr,
Freitag, 15. Juni, 9.30 Uhr.
Treffpunkt: 9.30 Uhr am Opernhaus (Südseite).
Fahrt mit dem Autobus zur Conti, Werk Stöcken.
Im Werk Vortrag über Gummigewinnung und -verarbeitung, an-
schließend Werksbesichtigung.
Frühstück in der Werkskantine.
Rückfahrt mit Autobus zur Stadt.
Dauer: etwa 2½ bis 3 Stunden.
Angehörige von Wettbewerbsfirmen werden gebeten, sich nicht zu
dieser Besichtigung anzumelden.
8. *Hanomag, Hannoversche Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft*,
vormals Georg Egestorff, Hannover-Linden, Hamelner Straße 1
Mittwoch, 13. Juni, 9.00 Uhr,
Donnerstag, 14. Juni, 9.00 Uhr.

- Treffpunkt: 9.00 Uhr am Werkseingang, Hamelner Straße 1.
Zu erreichen mit der Straßenbahnlinie 4, Haltestelle Deisterplatz.
Dauer: etwa 2 bis 3 Stunden.
9. *Günther Wagner, Pelikan-Werke, Hannover, Podbielskistraße 292*
Mittwoch, 13. Juni, 9.00 Uhr,
Donnerstag, 14. Juni, 9.00 Uhr.
Treffpunkt: 9.00 Uhr am Werkseingang.
Zu erreichen mit den Straßenbahnlinien 3 und 7,
Haltestelle Günther Wagner.
Dauer: etwa 2 bis 3 Stunden.
10. *Günther Wagner, Verpackungswerke, Hannover-Hainholz, Hansastraße, Fabrikation von Verpackungen und Behältern aus Blech und Kunststoffen, Kunstharz-Schraubkappen und technischen Weichgummiwaren.*
Mittwoch, 13. Juni, 9.00 Uhr,
Donnerstag, 14. Juni, 9.00 Uhr.
Treffpunkt: 9.00 Uhr Werkseingang, Hansastraße.
Zu erreichen mit der Straßenbahnlinie 18, Endstation Nordhafen.
Angehörige von Wettbewerbsfirmen werden gebeten, sich nicht zu dieser Besichtigung anzumelden.
11. *Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth AG., Werk Hansa, Empelde bei Hannover*
Donnerstag, 14. Juni, 8.30 Uhr.
Treffpunkt: 8.30 Uhr Georgsplatz, Landeszentralbank.
Fahrt mit Autobus zum Werk Hansa.
Besucher, die den Untertagebetrieb besichtigen wollen, müssen sich umkleiden. Schutzbekleidung wird gestellt.
Dauer: etwa 3 bis 4 Stunden.
Damen können an dieser Besichtigung nicht teilnehmen. Die Teilnehmerzahl ist auf 30 Personen beschränkt.
12. *Wintershall AG. Bergmannsseggen, Lehrte*
Donnerstag, 14. Juni, 8.00 Uhr.
Treffpunkt: 8.00 Uhr am Opernhaus (Südseite). Fahrt zum Werk.
9.00 Uhr Besichtigung des Werkes mit Kurzvortrag.
Einfahrt in die Grube möglich. Schutzbekleidung wird gestellt. 12.30 Uhr Rückkehr nach Hannover.
Teilnehmerzahl auf 30 beschränkt.
Weitere Besichtigungen siehe unter Veranstaltungen für Damen.

Exkursion Nr. 1 am Donnerstag, 14. Juni

Fernsteuerungsanlage im Umspannwerk der Hannover-Braunschweigischen Stromversorgungs-AG. in Düşhorn bei Fallingbostel
(etwa 180 Fahrkilometer)

- 14.15 Abfahrt mit Autobus von Hannover, Georgsplatz,
vor der Landeszentralbank (früher Reichsbank)
- 16.00 Einleitender Kurzvortrag von Herrn Dipl.-Ing. Nolte, Frankfurt,
und Besichtigung der Anlage in Düşhorn
- 18.00 Vesper auf Einladung der Hastra im Haus der Heidmark (Hotel zum
Böhmetal) in Fallingbostel. Gelegenheit zu Spaziergängen in der Lieth
- 20.00 Rückfahrt nach Hannover über die „Sieben Steinhäuser“ (Hünen-
gräber). Ankunft gegen 22.30 Uhr

Das Umspannwerk Düşhorn der Hannover-Braunschweigischen Stromversorgungs-AG., mitten in der Heide gelegen, enthält eine moderne Tonfrequenz-Fernsteuerungsanlage, System Landis & Gyr, die erste im Bundesgebiet. Mit der Anlage werden im Hochspannungsnetz Leistungsschalter und Kondensatoren und bei den Abnehmern Doppeltarifzähler, Warmwasserspeicher, Straßenbeleuchtungen u. a. m. gesteuert. Die Anlage wird im Betrieb vorgeführt.

An Neuentwicklungen wird weiter gezeigt: eine Fernmeldeschaltplatte und eine Störtruppfunkanlage.

Exkursion Nr. 2 am Freitag, 15. Juni

Großkraftwerk Lahde der Preußischen Elektrizitäts-AG. mit Fahrt
zur Porta Westfalika und durch die Weserberge
(etwa 180 Fahrkilometer)

- 7.30 Abfahrt Hannover, Georgsplatz, vor der Landeszentralbank (früher
Reichsbank). Fahrt über Bad Nenndorf-Stadthagen-Bückeburg nach
Lahde
- 10.00 Besichtigung des Großkraftwerkes
- 13.00 Mittagessen auf Einladung der Preuß. Elektrizitäts-AG. im Gast-
haus zur Tonne in Lahde
- 15.00 Weiterfahrt über Minden zur Porta Westfalika (Kaffeetafel)
Gelegenheit zu Spaziergängen auf der Höhe über der Weser
- 18.00 Rückfahrt durch die Weserberge nach Hannover
Ankunft in Hannover gegen 20.00 Uhr

Das Großkraftwerk Lahde ist im Jahre 1950 erbaut worden und ist
jetzt mit einer Leistung von 120 MW in Betrieb. Eine spätere Er-
weiterung auf die doppelte Leistung ist vorgesehen. Es liegt an der
Weser, nicht weit von der Kreuzung mit dem Mittellandkanal, und
hat somit günstige Kohlenzufuhrbedingungen.

Exkursion Nr. 3 am Freitag, 15. Juni

Kraftwerk Rhumspringe der Preuß. Elektrizitäts-AG., Pumpspeicherwerk Odertalsperre und Ultrakurzwellensender Torfhaus der Bundespost, mit Fahrt durch den Harz
(etwa 300 Fahrtkilometer)

- 7.30 Abfahrt Hannover, Georgsplatz, vor der Nordwestbank (früher Deutsche Bank). Fahrt über Northeim nach Rhumspringe
- 10.00 Besichtigung des Kraftwerkes
- 12.30 Mittagessen in Herzberg (Hotel Deutscher Kaiser) auf Einladung der Preag
- 14.00 Weiterfahrt zur Odertalsperre; Besichtigung des Pumpspeicherwerks
- 16.00 Weiter über Braunlage nach Torfhaus (Brockenblick, Erfrischungen in der Alpenvereinshütte)
Besichtigung des UKW-Senders, weiter über die Harzhochstraße nach Clausthal-Zellerfeld und Hahnenklee
- 18.00 Abendessen in Hahnenklee (Hahnenklee'er Hof)
- 21.00 Rückfahrt über Goslar nach Hannover

Das Kraftwerk Rhumspringe wurde während des Krieges als Industrie-Kraftwerk begonnen. Nachdem 1946 die Preußische Elektrizitäts-AG. das Werk übernommen hatte, konnte zunächst eine Maschine mit 18,5 MW in Betrieb genommen und mit dem weiteren Ausbau für die öffentliche Energieversorgung begonnen werden. Es kamen dann zwei weitere Maschinen mit je 27,5 MW hinzu, so daß heute eine installierte Leistung von 73,5 MW vorhanden ist. Das Kraftwerk wird mit Braunkohlen-Schwelkoks des Helmstedter Reviers betrieben. Betriebsdruck 76 atü — 490°

Exkursion Nr. 4 am Freitag, 15. Juni

Großkraftwerk Osthannover der Hamburgischen Elektrizitätswerke AG. in Alt-Garge bei Bleckede/Elbe, mit Fahrt durch die Lüneburger Heide.

(etwa 330 Fahrkilometer;

- 7.00 Abfahrt Hannover, Georgsplatz, vor der Landeszentralbank (früher Reichsbank). Fahrt über Celle-Uelzen-Dahlenburg
- 10.30 Besichtigung des Hochdruck-Kraftwerkes Osthannover
- 13.30 Mittagessen in Bleckede auf Einladung der HEW
- 15.00 Rückfahrt über Lüneburg (kurze Besichtigung der Stadt) und durch das Naturschutzgebiet in der Lüneburger Heide
- 17.00 Kaffeetafel in Bispingen, gegeben von den HEW
- 18.00 Rückfahrt über Soltau
- 20.00 Ankunft in Hannover

Das Kraftwerk Osthannover der Hamburgischen Elektrizitätswerke in Alt-Garge an der Elbe ist eines der modernsten Dampfkraftwerke Deutschlands. Es wurde während des Krieges geplant zur Ergänzung der Versorgung Hamburgs und kam 1946 mit 140 MW in Betrieb. Geplant ist ein weiterer Ausbau auf 280 MW.

Exkursion Nr. 5 am Freitag, 15. Juni

Übersee-Funkempfangsstelle Lüchow der Deutschen Bundespost und
UKW-Relaisstelle Höhbeck/Elbe, mit Fahrt durch die Lüneburger
Heide
(etwa 300 Fahrkilometer)

- 7.00 Abfahrt Hannover, Rosenstraße (nahe dem Hauptbahnhof). Fahrt
über Celle-Uelzen-Lüchow
- 10.30 Besichtigung der Übersee-Funkempfangsstelle Lüchow
- 13.00 Mittagessen in der Werkskantine
- 14.00 Weiterfahrt nach Höhbeck/Elbe
- 15.00 Besichtigung der UKW-Relaisstelle Höhbeck
- 16.00 Rückfahrt durch die Lüneburger Heide
Ankunft in Hannover gegen 20.00 Uhr

Am Rande des Waldgebietes hinter Lüchow liegt die Übersee-Funk-
empfangsstelle, die größte kommerzielle Empfangsanlage der Bundes-
post, mit einem Antennengelände von 1500 Morgen. Sie vermittelt
den größten Teil des drahtlosen Überseedienstes mit Ausnahme des
Verkehrs nach Nordamerika.

Nicht weit entfernt davon wird zur Zeit auf der Anhöhe „Höh-
beck“, unmittelbar an der Elbe, eine UKW-Station gebaut, die in
der neuen Funklinie Berlin-Hamburg eine wichtige Relaisstelle für
die Übertragung von Ferngesprächen, Rundfunk- und Fernseh-
sendungen bilden wird.

Exkursion Nr. 6 am Freitag, 15. Juni

Braunschweigische Kohlenbergwerke Helmstedt
(etwa 200 Fahrkilometer)

- 7.30 Abfahrt von Hannover, Georgsplatz, vor der Ruine des Ratsgymnasiums. Fahrt über Braunschweig nach Helmstedt
- 10.00 Besichtigung des Tagebaues „Treue“ sowie der Brikettfabriken
- 13.30 Mittagessen im Gasthof „Treue“ auf Einladung der BKB
- 15.00 Weiterfahrt durch den Elm zum Gasthaus Reitling
- 16.00 Kaffeetafel
- 18.00 Rückfahrt über Braunschweig nach Hannover
Ankunft in Hannover gegen 20.00 Uhr

Die Braunschweigischen Kohlenbergwerke liegen beiderseits der Zonengrenze. Sie fördern im Tagebau etwa 10 Prozent der Braunkohle des Bundesgebietes. Der größte Tagebau, die Grube „Treue“, hat eine Tiefe von rund 100 Metern. Für jede Tonne Kohle müssen 3 Kubikmeter Abraum bewältigt werden. Dies geschieht mit modernsten Eimerkettenbaggern und Großraumförderung. In der Kohlenförderung sind neuzeitliche Schaufelradbagger eingesetzt.
(Teilnehmerzahl auf 60 Personen beschränkt)

Exkursion Nr. 7 am Freitag, 15. Juni

Volkswagenwerk in Wolfsburg
(etwa 250 Fahrkilometer)

- 7.30 Abfahrt von Hannover, Georgsplatz (Landeszentralbank)
- 9.00 Besichtigung des Volkswagenwerkes und des Kraftwerkes
- 13.00 Mittagessen in der Werkskantine
- 14.30 Weiterfahrt durch den Elm zum Gasthaus Reitling
- 15.30 Kaffeetafel
- 17.30 Rückfahrt über Braunschweig nach Hannover
Ankunft in Hannover gegen 19.00 Uhr

In einer Länge von 1300 Metern zusammenhängender Werkshallen, die eine Tiefe von 250 Metern aufweisen, erstreckt sich im südöstlichen Vorland der Lüneburger Heide entlang dem Mittellandkanal das modernste Automobilwerk Europas. Es hat eine Flächenausdehnung von 262 000 Quadratmetern und beschäftigt zur Zeit rund 15 000 Menschen. In der Pkw-Produktion des Bundesgebietes liegt das Volkswagenwerk mit 90 000 Wagen im Jahre 1950 an der Spitze und hat auch am Export des abgelaufenen Jahres mit 29 000 Fahrzeugen den größten Anteil.

Exkursion Nr. 8 am Sonnabend, 16. Juni

AEG-Zählerfabrik Hameln und Kraftwerk Afferde der
Wesertal GmbH.
(etwa 100 Fahrkilometer)

- 9.00 Abfahrt von Hannover, Georgsplatz, nach Hameln
- 10.30 Besichtigung der AEG-Zählerfabrik
oder nach Wahl des Kraftwerkes Afferde
- 13.00 Mittagessen im Hotel „Zum Bremer Schlüssel“ in Hameln
- 14.30 Weiterfahrt über Schaumburg-Ahrensburg (Kaffeepause) –Bad Nenn-
dorf nach Hannover
Ankunft in Hannover gegen 18.00 Uhr

Das Kraftwerk Afferde ist ein mittleres Steinkohlen-Kondensations-
Kraftwerk (30 MW) eines regionalen Unternehmens. Einsatz im
Parallelbetrieb mit dem Großverbundnetz zur gebietlichen Spitzen-
lastdeckung. Alte Anlage (1913/1922) 15 atü; neue Anlage (1942/1950)
40 atü. Rückkühlanlage mit Streudüsen (in Deutschland einzigartig!)
und biologische Kühlwasseraufbereitung.

Die von der AEG in Hameln errichtete, modern ausgestattete
Zählerfabrik ist ganz auf Fließbandfertigung eingestellt. Ihr Fer-
tigungsprogramm umfaßt Wechsel- und Drehstromzähler in den ver-
schiedensten Ausführungen, Spezialzähler, wie Zweitarif-, Über-
verbrauchs-, Höchstlast-, Summen- und Differenzzähler, ferner Netz-
Zentralsteuerungsanlagen, Elfa-Automaten und Kunststoffpreßteile.

BESICHTIGUNGEN:

Für Tagungsteilnehmer, die durch die Fachberichte nicht beansprucht sind, finden am Mittwoch und Donnerstag 16 Besichtigungen von Industriebetrieben im Stadtkreis Hannover und in der näheren Umgebung statt. Einige Besichtigungen sind hauptsächlich für Damen vorgesehen, so die der Bahlsenschen Keksfabrik, der Schokoladenfabrik Sprengel & Co., der Deutschen Grammophon-Schallplattenfabrik und der Reemtsma-Zigarettenfabrik.

Die Anmeldungen zu den Besichtigungen werden erst während der Tagung in Hannover angenommen, und zwar vom 12. Juni, morgens 7 Uhr an durch Eintragung in Besichtigungslisten, die in der Empfangsstelle im Städtischen Verkehrsbüro ausliegen. Bei der Eintragung werden Teilnehmerkarten ausgehändigt, da die Teilnehmerzahl bei den meisten Besichtigungen begrenzt ist.

THEATERABEND.

Am Mittwoch, dem 13. Juni, werden zwei Festvorstellungen anlässlich der Jahresversammlung von der Niedersächsischen Landesbühne veranstaltet.

Im Opernhaus wird die „Fledermaus“ von Johann Strauß und im Schauspielhaus (Ballhof) „Ihr 106. Geburtstag“ von Jean Sarment aufgeführt. Eintrittskarten zum verbilligten Preis von 5,—, 4,— und 3,— DM im Opernhaus und 4,—, 3,— und 2,— DM im Schauspielhaus sind bei der Anmeldung (Anmeldungen auf der Anmeldekarte) zu bestellen und werden in der Empfangsstelle des Städtischen Verkehrsbüros ausgegeben.

BESONDERS FÜR DAMEN:

Für die Damen sind Stadtrundfahrten mit Rundgang in den Herrenhäuser Gärten und nachmittags Treffen auf dem Gelände der Bundesgartenschau bei der Stadthalle Hannover vorgesehen. Außerdem findet ein Ausflug nach Bad Pyrmont statt.

An diesen Veranstaltungen können auch Herren teilnehmen. Anmeldungen (Anmeldungen auf der Anmeldekarte) für die Fahrt nach Bad Pyrmont werden gleichzeitig mit der Anmeldung zur Tagung erbeten.

EXKURSIONEN:

Acht Exkursionen mit Zielen im Umkreis von 150 km von Hannover werden in Reiseomnibussen durchgeführt. Es werden technisch besonders interessante Werke und Anlagen eingehend besichtigt, wobei die Fahrt gleichzeitig die landschaftlichen Schönheiten der weiteren Umgebung der Landeshauptstadt Niedersachsens zeigen wird. Weserbergland, Harz und Lüneburger Heide geben ein einprägsames Bild von dem Übergang der mitteldeutschen Gebirgslandschaft auf die Norddeutsche Tiefebene, deren Reize nicht vielen bekannt sind.

Die Teilnehmerzahl ist beschränkt, so daß rechtzeitige Anmeldung notwendig ist. Es wird gebeten, für die Anmeldung ausschließlich die unter Ziffer 1 erwähnten Meldekarten zu verwenden.

TEILNEHMERHEFTE

Für Mitglieder:

Das Teilnehmerheft berechtigt zur Teilnahme an der Hauptversammlung, den Fach-

vorträgen und dem Gesellschaftsabend. Im Preis eingeschlossen ist die Teilnahme am gemeinsamen Abendessen am 12. Juni.

Der Preis des Teilnehmerheftes beträgt 15,— DM.

Für Damen:

Das Teilnehmerheft berechtigt zur Teilnahme an der Hauptversammlung und am Gesellschaftsabend mit gemeinsamem Abendessen.

Der Preis des Teilnehmerheftes beträgt 10,— DM.

Für Studenten:

Das Teilnehmerheft berechtigt zur Teilnahme an der Hauptversammlung und den Fachvorträgen. Der Preis des Teilnehmerheftes beträgt 5,— DM.

Für Nichtmitglieder:

Karten zum Besuch einzelner Gruppen der Fachvorträge werden zum Preis von 2,— DM, soweit Plätze vorhanden, am Saaleingang ausgegeben; Studenten zahlen 0,50 DM.

KARTEN FÜR EXKURSIONSTEILNEHMER:

Für die Teilnehmer an den Exkursionen, die gemäß Ziffer 1 auf den Meldekarten ihre Teilnahmewünsche geäußert haben, werden im Teilnehmerheft besondere Abschnitte eingefügt. Sie berechtigen zur Teilnahme an den Exkursionen und den während der Besichtigungen gebotenen Vergünstigungen.

Soweit gemeinsame Mahlzeiten unterwegs eingenommen werden, werden besondere Ausweise zur bevorzugten Bedienung mit dem Teilnehmerheft zusammen ausgegeben. Dies ist erforderlich, um einen zeitgerechten Ablauf der Exkursionen sicherzustellen. Die Mahlzeiten sind, wenn es sich nicht um Einladungen handelt, unmittelbar zu bezahlen.

Kosten der Teilnahme an den Exkursionen:

Nr. 1 Umspannwerk Düşhorn	Preis 6,— DM, für Selbstfahrer 3,— DM
Nr. 2 Großkraftwerk Lahde	„ 6,— DM, „ „ 3,— DM
Nr. 3 Kraftwerk Rhumspringe	Preis 10,— DM, für, Selbstfahrer 3,— DM
Nr. 4 Kraftwerk Osthannover	„ 10,— DM, „ „ 3,— DM
Nr. 5 Übersee-Funkempfangsstelle Lüchow	„ 10,— DM, „ „ 3,— DM
Nr. 6 Braunschweigische Kohlenbergwerke Helmstedt	„ 6,— DM, „ „ 3,— DM
Nr. 7 Volkswagenwerk Wolfsburg	„ 8,— DM, „ „ 3,— DM
Nr. 8 Kraftwerk Afferde / Hameln und AEG-Zählerfabrik, Hameln	„ 4,— DM, „ „ 3,— DM

KOSTEN DER BESICHTIGUNGEN GEMASS ZIFFER 3

Für die Fahrt nach dem Kaliwerk Bergmannsseggen bei Lehrte wird ein Autobus gestellt. Fahrtkosten 2,— DM. Im übrigen werden die öffentl. Verkehrsmittel benutzt.

KOSTEN DER DAMENVERANSTALTUNGEN GEM. ZIFFER 5

Karten für die Stadtrundfahrt einschließlich Besuch der Herrenhäuser Gärten 2,— DM
Ausflug nach Bad Pyrmont (Fahrtkosten, Eintritt in den Kurpark u. Kaffeetafel) 8,— DM

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2014/12/22 :
CIA-RDP80-00926A004000480001-6

WIRTSCHAFTSBLATT

DEUTSCHE WIRTSCHAFTSZEITUNG

*Eine
Fundgrube*

WIRTSCHAFTSBLATT

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2014/12/22 :
CIA-RDP80-00926A004000480001-6

... wenn Sie sich die Mühe machen

das „Handelsblatt“ von A bis Z zu lesen.

Es ist wie immer im Leben; was nützlich ist, wird meist nicht angenehm und oft als lästig empfunden. Auch eine Wirtschaftszeitung liest sich nicht mühelos wie etwa das Feuilleton einer Tageszeitung oder eine Zeitschrift — man braucht Zeit und Aufmerksamkeit dazu.

Wenn die Augen nicht mehr so recht wollen, dann geht man zu einem Augenarzt, also zu einem Spezialisten. Das sollte man aber gerade auch in den für die wirtschaftliche Existenz wichtigen Dingen tun, d. h.

**man sollte sich über die Vorgänge
in der deutschen und ausländischen
Wirtschaft dort informieren,**

wo ein ausgedehntes in- und ausländisches Korrespondentennetz für die Vermittlung der wirtschaftlichen Informationen spezialisiert ist und sich seit Jahren bewährt hat.

Das Ausland u

... an der Spitze
Wirtschaftsblätter ...
DELSBLATT“, das
nationalen Maßstäb
als ökonomische Pul
Ranges zu bezeichne
Don. Eur.

... It is interesti
editorial comments
respected publicatio
delsblatt“, well
Journal of Comme
Monthly C

... das „Handels
dorf, das besser
jemand bei uns .

erteilt:

der deutschen
das „HAN-
auch an inter-
gemessen,
plikation ersten
n ist.
Inf.-Dienst Wien
ng to note the
of such highly
ns as the „Han-
known German
rce
Bulletin US-German
hamber of Commerce
blatt“ in Düssel-
orientiert ist als
Textil Revue, Zürich

Handelsblatt DEUTSCHE WIRTSCHAFTSZEITUNG

berichtet exakt und in sachlichem Stil. Seine Unterrichtung gibt über die Grenzen der eigenen Branche hinaus den Blick frei für die wirtschaftlichen Zusammenhänge, deren Kenntnis für jeden Kaufmann und Wirtschaftler von Bedeutung ist.

Die Fülle des gebotenen Materials ist im „Handelsblatt“ übersichtlich angeordnet und ermöglicht eine schnelle Orientierung.

Der Bezugspreis von monatlich DM 5,60 bei dreimaligem Erscheinen in der Woche ist, gemessen an den Beträgen, die Sie sonst zur Sicherung und Entwicklung Ihres Unternehmens aufwenden, von geringfügiger Bedeutung. Der Betrag verzinst sich immer und ist nur ein kleiner Bestandteil Ihrer sonstigen abzugsfähigen Unkosten. Wir geben Ihnen gern Gelegenheit, das „Handelsblatt“ kennenzulernen. Schicken Sie uns den Gutschein auf der letzten Seite. Wir werden Ihnen das „Handelsblatt“ dann vierzehn Tage kostenlos und unverbindlich zustellen.

GUTSCHEIN

für einen vierzehntägigen, kostenfreien
und unverbindlichen Probebezug des

Handelsblatt

an nachstehende Anschrift:

Name: _____

Beruf/Branche: _____

Wohnort: _____

Straße, Nr.: _____



Streiflichter

Die einfachen Gedanken, den Kohlenpreis um ein Mark zu erhöhen und die so gewonnenen Mittel dem Bergarbeiterwohnungsbaue zuzuführen. In der letzten vergangenen Plenarsitzung des Bundestages hat der Herr Ministerpräsident den Entwurf des Gesetzes zur Förderung des Bergarbeiterwohnungsbaues im Kohlenbergbau behandelt werden konnte. Aber was war aus den einfachen Gedanken geworden? Nicht weniger als ein Gesetz, das auf eine Reihe von Maßnahmen enthält, die Regierungsgewalt, und in der Begründung des Gesetzes heißt es ein ganz ausnehmendes Buchlein. Ursache dieser epischen Länge ist, daß die Regierungsgewalt nicht ist, daß nicht der Wirtschaftsminister die Zuständigkeit bei der Durchführung des Projektes erhalten hat, sondern, daß die Mittel, die schwierige Maschinerie des sozialen Verknüpfens der Wohnungsbauverwaltung

bedeutsamer zeichnet. Nun hat der Bundesrat ein weiteres an Kompikationen hinzugefügt. Auf Betreiben des Landes Bayern, das sich mit der Materie ja nahezu nichts zu tun hat, ist die Stellung dieses aus dem 1-DM-Ausgleich erwachsenden Vermögens als Sondervermögen des Bundes geändert und eingeschränkt. An andere nichtbeteiligte Länder sparten nicht an Änderungsanträgen: So wurde ein Antrag Hamburgs gebilligt, der bis zur Hälfte der auf Grund dieses Gesetzes finanzierten Wohnungen

vertriebenen zur Verfügung stellen w
zip. Ist diese Regelung gewiß richt

Heimatvertriebenen zur Verfügung stellen wird. Im Prinzip, ist diese Regelung gewiß richtig, das wurde auch von Nordrhein-Westfalen erkannt, in der Praxis Anwendung findet aber nur Umständler sind. Bis das Gesetz verabschiedet werden kann, wird es noch keine Verhandlungen bedürfen, zumal der Bundtag beschlossen hat, es als reines Zustimmungsgesetz zu behandeln. Jedenfalls muß sich die Bundesregierung mit ihrer Stellungnahme befassen, wenn das Gesetz den Bundesrat und den Parlamentarierern passieren soll.

Früher

ps. — Man soll Fachleute — wir Deutsche — neigen dazu — nicht überschätzen. Es ist seit 1945 manches geschehen — Politiker erblickten darin eine Aufgabe — uns unsere Kardinalien

abzugewöhnen: Das Gespräch soll, b
eise im politischen Leben den Befehl

teiler abzugewöhnen. Das Gespräch soll nicht ausschließlich im politischen Leben des Befehlshabers eine Rolle spielen. Es ist vielmehr wichtig, daß der geistigste Institutionen der Verwaltung, der Nordwestdeutsche Rundfunk, mit der Sendereihe „Das Forum“ Rede- und Gegenrede der Tribünen wechseln ihre lebendige oder langweilige, je nach Zusammensetzung der Zuhörer, Wirkung erzielt. Die Sendereihe „Schumanplan, Beauftragung der Parteien schließt sich besonders damit beschäftigt zu haben. In der Weise auf Bestimmungen im Vertragstext brachte den Kollegen mit der gegenteiligen Meinung zu. Verstanden, konnte er nicht mit sich finden. Das Gespräch kam auf die Nachtische. Die hieß es hiltig, Aufzählung durch den Redner. Der Gegenständliche Lachen des Fragestellers. Ein Beispiel, Auflösung des zentralen Kohärenz.

viskular-verdächtige Angiophilie und k

ter? Insular-verdächtige Anglophobie und kontinental-selbstbewußte Anglophobie trennschließlich der Gongschlag. Zur Richtigsstellung blieb keine Zeit. Zwischenrufe des Hörers möglicht die heutige Rundfunktechnik an

den debattierenden Parteivertretern

Länderumschau
Hamburg hat seinen winterrlichen Zuwachs
18.600 Arbeitelosen er. wter zu ein

Arbeitslose, darunter 51 772 Männer

[illegible]

an Angeln genommen werden.

Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth Aktiengesellschaft, Bad Salzdettfurth

Bilanz zum 20. Juni 19

[illegible]

a) Anzahlungen von Kunden	12.038,30
b) Verbindlichkeiten auf Grund von Warenlieferungen u. Leistungen	921.749,31
c) Verbindlichkeiten gegenüber Konzernunternehmen	2.502.431,67

a) Sozialer Verbindlichkeitsposten			
Forderungen aus Rückstellungen und Garantien		969 519,93	4.850 837,57
b) Verbindlichkeiten gegenüber Kreditinstituten			816 062,64
c) Haftung aus dem nicht übernommenen und bei der Saldoüberföhrung A.-G. ausgewiesenen Anteil an der Kapitalgesellschaft, conducted durch Hypothekendarlehen und Grundstücksgewinn			2.457.135,28
d) Bruttoverbindlichkeit aus einer Garantievereinbarung		RH 30 700,-	
			69 417 017,-

Jewinn- und Verlust-Rechnung für die Zeit vom 1. Januar bis 20. Juni 1948

AUFWENDUNGEN	RMK
Löhne und Gehälter	4.998 072,41
Gewährte soziale Abgaben	855 035,19
Abrechnungen auf Löhne	127 035,28
Anleihe-Zinsen	922 521,16
Sonstige:	
- von Einkommen, Ertrag und Verzinsung	625 521,61
- andere Zinsen und Zinsen	419 770,66
Ausserordentliche Aufwendungen	973 203,41
Gewinn vom 1. Januar bis 20. Juli 1948 - Gemäß Vertraglicher Vereinbarung auf die Saldoüberföhrung A.-G.	855 723,56
	2 110 138,11

HR. A 19 483: Lultpold Schaaf Kaffee-Rösterei

Hilfsverein Großhandeln. Köln, Ross Schaaf, geb.
Altengann, Köln; ab Einsprachigkeit
HR-B 7932; Köln-Hörsingstr. 60. Gesellschaft mit
beschränkter Haftung. Köln. Friedrich Abel, Architekt,
Kalkthauten ist zum weiteren Geschäftsführer be-
stellt. Prokura Leo ... ist erloschen. Diplo-
m-Ingenieur Georg Grosmann, Kalkthauten ist
prokurist für die Gesellschaft mit einem Geschäftsfüh-
rer oder anderen Prokuristen.
F.H.R. B 8098 - Köln-Büchelstr. 10. **Rheinisch-westfälis-**
cher Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Köln. Durch
Beschluss der „Gesellschafterversammlung vom 21. Mai
1951 ist das Stammkapital von 100.000,- DM nun fest-
gesetzt und der Gesellschaftsvertrag ...“

15 373.067,98

Wald-Wirtschaft		R.M.
Zinsen		4.388.450,89
Altersrückstellungen		1.881,24
Sonstige aus der Vorkreditrechnung übernommenen Geschäftsbeträgen auf Grund der Währungs- und Geldverhältnisse		9.937.348,48
Gesamtvermögen		1.031
Passiva		10.971.007,68
<p>Rad. Salsdorfstr. 68, am 28. Dezember 1959.</p> <p>Verordnete Kalküls- und Inventur- u. d. G. u. d. W.</p> <p>Die Vermögenswerte und Verbindlichkeiten in der Ostzone konnten, mangels Unterlagen, nur nach dem besten bekannten Stand von Ende Dezember 1959 festgestellt werden. In der Zeit January 1949, 1947 und in der Zeit von 1. Januar 1950 bis zum 30. Juni 1959 in der Westzone verzeichneten Kalküle eingesehen werden.</p> <p>Zur Hinführung beider Feststellungen war, nach dem am abschließenden Ergebnis unserer Prüfung festzustellen, dass die Angaben der Kalküleabschlüsse zum 30. Juni 1959 im wesentlichen übereinstimmen mit dem Vorhanden liegenden Aufzeichnungen und Nachweise der Inventuren der Westzone, soweit sie sich auf den 30. Juni 1959 beziehen. Die Angaben der Kalküleabschlüsse der Ostzone, soweit sie sich auf den 30. Juni 1959 beziehen, können nicht endgültig festgestellt werden.</p>		

samt einem Vorstandsmitglied oder weiteren Prokuristen, Georg Ballmer, Köln, Rudolf Joa, Köln, Franz Müller, Retraß, Dr. Alfred Schmitt, ...

[illegible]

Deutsche Treuhand-Gesellschaft
Weische Strasse 10

1. Belegte Grundstücke mit Grundstücken und Wohngebäuden	194 000
2. Gebäudefestsetzungen	37 774
3. Beteiligungen (Holdinggesellschaften mit vertriebslicher Gewinn- und Verlustabrechnung und sonstiges)	1 396 385
Umsatzerlösen:	60 513 306
1. Wertpapiere	70 125
2. Forderungen an Konzernunternehmen	683 397
3. Kassenbank und Portofolienbesitzungen	3 211 309
4. Andere Beteiligungen	1 396 385
5. Sonstige Forderungen	9 000 577
Ergebnis nach Abschreibungsbeträgen	6 566 720,21
Ertragsteuerrücklagen (Aktivierung)	605 768

Wilhelm Stork, Herkenthal-Strassen, haben für den Bereich der Hauptabteilung eine Gesamtprokura für die Gemeinschaft mit einem Vorstandsmitglied erhalten.

weiteren Produkten, Adolf Wühler, ein, als Geschäftsführer, der, während des Zweigelerlassungs im Gesamtprobleme, in Gemeinschaft mit einem Vorstandsmitglied oder mehreren Produkten.

HR 9182: Union Motorenhandels-Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Köln, durch Beschluß der Gesamtversammlung vom 17. Mai 1934, ist das Stammkapital von 2.000.000 RM auf 500.000 RM herabgesetzt worden. Die Gesellschaft ist geändert worden und ist neu gegründet worden. Sind mehrere Geschäftsführer bestellt worden, so ist die Gesellschaft neu gegründet worden. Sind mehrere Geschäftsführer bestellt worden, so ist die Gesellschaft neu gegründet worden. Sind mehrere Geschäftsführer bestellt worden, so ist die Gesellschaft neu gegründet worden.

5. Maschinen und maschinelle Anlagen	182 333,06
6. Werkzeuge, Betrieb- und Geschäftseinrichtungen	27 119 131,—
7. Im Bau befindliche Anlagen	223 641,—

ASSIVA		DM	DM
1. Grundkapital:		4.000.000,-	
Stammkapital mit	2.500.000 Stämmen		
5 %ige Vorzugsaktia mit	400.000 Stämmen	1.122.500,-	1.122.500,-
Rücklagen:			
1. Gesetzliche Rücklage		550.483,-	
2. Andere Rücklagen		1.875.000,-	
3. Wertschriftfonds		275.000,-	

5. Maschinen und maschinelle Anlagen	182 333,06
6. Werkzeuge, Betrieb- und Geschäftseinrichtungen	27 119 131,—
7. Im Bau befindliche Anlagen	223 641,—

8. Betriebskosten		5 200 000,00
- Vertriebskosten		87 308 881,56
- Vorgez.		1 002 447,-
- Miete für ein Betriebsloft	8 410 000,00	
- Haftpflicht-Kreisung	128 500,00	
- Fortfall-Kreisung		5 374 947,44
- Werbung	1 845 399,10	
- Historische Sicherung		100 705,40
- Kyparsien		2 250,00
- Auslandsmiete		14 095,55
- Spätkosten Aufnahmen		
- Auslagen von f. Verwaltung		

a) Sonstige Ansetzungen	991.849,18
b) Forderungen auf Grund von Warenlieferungen und Leistungen	190.975,65
c) Forderungen aus Konzernunternehmungen	334.472,37

1. Anteil an der c/o, Anteil des Deutschen Kalisalzwerks	Series A und B 8,7%	
2. Anteil des 0,5% auf Aufgabe	1.500.000,-	7.051.941,00
3. Anhangungen von Kunden		
4. Verbindlichkeiten gegenüber Konzernunternehmen		1.112.949,23
5. Langfristige Bauschuld		1.001.000,00
6. Sonstige Verbindlichkeiten		4.005.984,76
Posten mit Rechnungsabgrenzung		
7. Bauschuld		30.705,00
8. Bauschuld für die 8-Anteile des Deutschen Kalisalzwerks		6.488.294,-
9. Kreditlinien für die Zechen Haindorf, Bochum-Langendreieck gekauft Haindorf		DM 192.718,70
		100.129.041,91

a) Sonstige Ansetzungen	991.849,18
b) Forderungen auf Grund von Warenlieferungen und Leistungen	190.975,65
c) Forderungen aus Konzernunternehmungen	334.472,37

8. Käsefondierung im Forstleibschutthaube	1 010 885,00		
9. Leasing Bauplätze	1 989 400,55	4 602 904,61	
Summe		8 015,48	
Summe der Rückstellungen		8 015,48	10 473 408,10
Verbindlichkeiten			21 859,23
Hilfsauftrag aus dem Übereinstimmung, und bei der Salz- und A.G. aus dem Übereinstimmung			
Anzahl der Kalkulation, reduziert durch Hypothekendarstellung	6 899.741,-		
			69 144 548,89
SSIVA			
Grenzwert special		DM	DM

Rücklagen:	43 680 000,—
1. Gesetzliche Rücklage	
2. Wohlfahrtsfonds	4 368 000,—

[illegible]

Rücklagen:	43 680 000,—
1. Gesetzliche Rücklage	
2. Wohlfahrtsfonds	4 368 000,—

[illegible]

Anteil an der Kapitalhoheit, gesichert durch Hypothekeneintragung. 2 500.744,-

Eliza Wintermahrle, Düsseldorf
 Wilhelm Ziegen, Düsseldorf
 Stand:
 Walter Jantzen, Bad Salzdetfurth
 Heinrich Wissmann, Bad Salzdetfurth
 Dr. Werner Mansfeld, Berlin

Anteil an der Kapitalhoheit, gesichert durch Hypothekeneintragung. 2 500.744,-

DM 3 660,99

60 406 548,99

Paul Salzedorfurt, im April 1901.

Verenigte Kaliwerke Salzedorfurt A.-G.
Jantzen Wiselmann Fels

Fortsetzung der Bilanz nebststehend

Vorstand:
Dr. Ernst von Schoen, Frankfurt a. M., Vorsitz.
Heinrich Kirchhoffer, Frankfurt a. M., stellv. Vorsitz.
Dr. Karl Böck, Bad Salzelarth.
Dr. Paul Ebinger, Hanover.
Walter Veiel, Bad Salzelarth.
Walter Jantzen, Bad Salzelarth.
Heinrich Wiesemann, Bad Salzelarth.
Ulrich Voss, Röhrenberg, Werda, stellv. Vorstandstellv.

NUR EINE STECKDOSE.

ELEKTRO KÜHLEN!

RAT & AUSKUNFT DURCH DIE ELEKTROGEMEINSCHAFT

KROMBERG & SCHUBERT

Wuppertal-Langerfeld, Telegraf: Kroschu, Ruf: Sa-Nr. 57661, Fernsch: Nr. 084545

DAS ZEICHEN  FÜR QUALITÄT

UNSER FABRIKATIONSPROGRAMM:

- ABT. STARKSTROM: Lieferbare Leistungen
- ABT. SCHWACHSTROM: Telefonzentrale und Relaisstationen aller Art
- ABT. AUTOKABEL: Kabelanlagen, Zündkabel und Lichtkabel
- ABT. MOTOREN: Gleichstrom-, Einphasenwechsel- und Dreiphasenmotoren

UNSERE AUFGABE



HEW

LICHT KRAFT WÄRME

SEIT 1894

VERSORGUNG DER WELT - HAMBURG

HAMBURGER ELEKTRICITÄTS-WERKE AKTIENGESELLSCHAFT

Großbauten und Projekte der Elektrizitätswirtschaft

Kapazitätssteigerung durch neue über ein 380 kV-Netz verbundene Dampf- und Wasserkraftwerke

In den Jahren des Wiederaufbaus, die hinter uns liegen, ist die Kapazität der Elektrizitätswirtschaft in Erzeugung und Fortleitung Anlagen um ein beachtliches Maß gesteigert worden, so z. B. die installierte Leistung aller Kraftwerke von einem nicht genau bekannten kleinen noch betriebsfähigem Anteil im Jahre 1945 auf 9200 MW Ende 1949 und auf 11.900

mehr und mehr Projekte in Erschließung, die auf eine neue Planung abgestellt sind. Im Wachstumsgesetz einer leistungsfähigen Elektrizitätswirtschaft, wonach eine größere Gebiete und Zeitebenen mit einer Verdoppelung des Verbrauchs und der Leistungsfähigkeit der Anlagen etwa alle 10 Jahre zu rechnen ist, hat die Entwicklung noch keine Sättigung

läufig führt diese Entwicklung zur Anwendung größerer Maschinen- und Kraftwerkeinheiten und zu höheren Spannungen für die Übertragungsanlagen, durch die höhere Transportleistungen ermöglicht werden. Unmittelbar führt sie aber auch auf lange Sicht zu einem engem Zusammenwirken der Glieder der nationalen und auch der internationalen Elektrizitätswirtschaft im Sinne der besten Ausnutzung der Energiequellen und der wertvollen Anlagen.

Die Energie aus Braunkohle

Auf der Energiegrundlage der rheinischen Braunkohle sind z. Z. die wesentlichen Kraftwerksbauten Westdeutschlands im Entstehen begriffen und im Projekt. Das Großkraftwerk mit einer derzeitigen Leistung von 470 MW erhält eine Hochdruck-Vorschaltkraftwerk mit 20 Kesseln, 115 stl, 10 Maschineneinheiten mit zusammen 320 MW. Darüber hinaus werden weitere zwei Kraftwerks-Block-Einheiten von je 100 MW mit je einem 400-t-Freiluftkessel angelegt, deren Generatoren mit Wasserdampf-Heizung ausgebaut werden. Im Endzustand wird der Komplex des Goldenbergwerkes damit rund 1000 MW Leistung haben. Beträchtliche Leistungen sind auch durch Erweiterung der Kraftwerke Porta II und IIa in Zeuthen neben Ausbauten auf der mitteldeutschen Braunkohle im Entstehen begriffen. Die großen Projekte des künftigen Ausbaus der Braunkohle sind die Kraftwerke Fritzensdorf und Welschweiler mit je etwa 500 MW, für die ebenfalls größte Maschineneinheiten vorgesehen sind. Diese Braunkohlekraftwerke werden dank ihrer wirtschaftlichen Brennstoffgrundlage, die noch im Tagbau gesichert ist, die Braunkohlewerke für einen großen Teil Westdeutschlands sein.

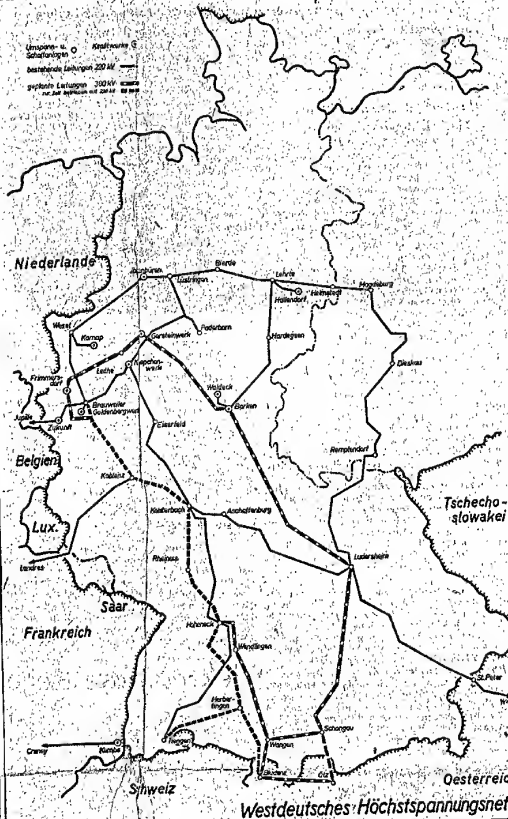
Nicht so bedeutend wie bei der Braunkohle ist, an der Höhe der Leistung gemessen, der Ausbau der Laufwasserkraftwerke für den Einsatz zur Grundlastdeckung. Großprojekte, wie sie in benachbarten Ausmaß im Ausland verfolgt und verwirklicht werden, sind leider in Deutschland nicht gegeben. In Bayern sind bedeutende mit 90 MW Gesamtleistung vor kurzer Zeit als Gemeinschafts- und Grenzkraftwerk mit Österreich in Braunau am Inn begonnen worden. Es ist interessant, daß auch die großen Projekte von Laufkraftwerken in Deutschland Grenzkraftwerke sind, wie z. B. die noch auszubauenden Obernkulmerwerke Sächsischen Kraftwerke im Grenzgebiet zu Polen. Besondere Bemühungen richten sich bei der Projektierung der Dampfkraftwerke auf die Erhöhung des thermischen Wirkungsgrades, die durch die Schaltung und Bedienung, auf große Beweglichkeit im Einsatz und auf die Verwendbarkeit eines breiten Kohlenbandes.

Die Steinkohlen-Kraftwerke

Der Blickpunkt für die Entwicklung von Steinkohlenkraftwerken liegt im Kohlengebiet selbst durch die zahlreichen Projekte der Zechen, die sich im Zuge der Modernisierung und Leistungssteigerung ihrer Anlagen bearbeiten, wobei die Verwertung der anfallenden, nicht transportwürdigen Badstaukohle an Ort und Stelle eine vorteilhafte Aufgabe stellt. Daneben sind im Ruhrgebiet selbst und außerhalb an Schwerpunkten des Verbrauchs große Erweiterungen und Neubauten von Steinkohlenkraftwerken im Gange. In Schlesien sind besonders Bemühungen, richten sich bei der Projektierung der Dampfkraftwerke auf die Erhöhung des thermischen Wirkungsgrades, die durch die Schaltung und Bedienung, auf große Beweglichkeit im Einsatz und auf die Verwendbarkeit eines breiten Kohlenbandes.

Von den Speicherkraftwerken, die in der Übernahme der Tages- und Jahresleistung der Belastung sowie im Momentenstrom, wie wir ihre dominierende Bedeutung haben, ist die

Fortsetzung auf Seite 3



MY Ende 1950, davon 800 MW in öffentlichen erhaltung erkennen lassen. Für das Planen heute ist im allgemeinen die in einem Zeit-Periode abgeschlossen, in der die Steigerung der Kapazität durch Wiederinstandsetzung beschädigter oder durch Fertigstellung begonnener Anlagen bewerkstelligt wird, und es treten

Bahnelektrifizierung

Brennstofflage und Verkehrswesen erfordern dringend die Umstellung auf Strom

Es ist allgemein bekannt, daß die Eisenbahn Elektrifizierungserzeugung eröffnen hierzu weite im Ruhrgebiet mit der zeitbedingten tech- Möglichkeiten. Mit Spitzenleistungen nach dem nischen Entwicklung im Schnellverkehr, beson- neuesten Stand der Technik ist die Technik bereits für nahe und mittler Entfernungen nicht 1 km/h in einem Steinkohlenkraftwerk bereits Schritt gehalten hat und zur Zurückbleiben mit 100 bis 135 km/h Kohle herzustellen, während Deutsch- dem Abwandern vieler Verkehrsleistungsträger auf land heute im Durchschnitt für die Herstellung eines Kilowattstunde noch 0,65 kg Kohle auszu- Die Entwicklung der Netze im Mittelverkehr ist geben. Dazu gehört der Ausbau der großen in modernster elektrifizierter Form in Berlin Braunkohlenkraftwerke, desgleichen die allein andere Verkehrsmittel fast bezallen messen. Die Entwicklung der Netze im Mittelverkehr ist geben. Dazu gehört der Ausbau der großen in modernster elektrifizierter Form in Berlin Braunkohlenkraftwerke, desgleichen die allein dieser Schritt für die Instabilität und die An- schon zur Aufrechterhaltung, besonders aber forderung eines modernen Schnellverkehrs- bare Modernisierung und Verbesserung der kenerlei Risiko in sich trägt und technisch und wirtschaftlich unumstößlich ist. Es ist sogar längst erwiesen, daß die Bahn elektrifizieren Sättigung verleiht Anlagen von der Bahn benötigten Strom im Verein mit der gesamten Elektrizitätsverbundwirtschaft praktisch ohne jeden Mehraufwand an Primärenergie zu erzeugen können.

Verkehr als Hauptkohleverbraucher

Der Schienenverkehr als einer der größten Kohleverbrauchergruppen kann zu dieser Aus- wendung der deutschen Energiebasis durch heutigere Ausnutzung der Steinkohle erheblich beitragen, zumal gerade die Eisenbahn verhält- nismäßig hochwertige, für die Verbrennung nach dem heutigen Stand der Technik viel zu kostbare Kohlensohlen in der Dampfkraft mit einem Nutzefekt von nur 5% verbraucht. Optimierte Kohledampfkraftwerke modernster Konstruktion erreichen heute Wirkungsgrade bis zu 35%.

Es liegt demnach also im Interesse einer Leistungssteigerung des Verkehrs, verbunden mit der dringenden Notwendigkeit der Energie- ersparnis, die Bahnelektrifizierung so schnell wie möglich durchzuführen. Billig erbelten kostet Geld. Anlagen mit niedrigem Energie- bedarf sind häufig teuer. Diese Generaterra- tionen jeden Tag neu, besonders im Vergleich zu Amerika, dem in Gestalt eines funktionie- renden Kapitalmarktes die Möglichkeiten zu einer energiewirtschaftlichen Rationalisierung seit Jahrzehnten in ungestörter Folge zur Verfügung stehen.

Es hat sich nunmehr, wenn auch langsam, die Erkenntnis durchgesetzt, daß Staat und Wirtschaft diese durch die Zeitverhältnisse in Deutschland bedingten Konstruktionsfehler so schnell wie möglich beseitigen helfen müssen und daß deswegen die Sicherung und Moderni- sierung der Grundsichtlinien die Lebens- grundlage für die gesamte deutsche Wirtschaft ist. Das Verkehrswesen trägt nicht zuletzt durch seine Bedeutung für die deutsche Energie- bilanz einen erheblichen Anteil daran, Bund

und Länder als Träger des in Deutschland eint- langen nationalisierten Eisenbahnwesens sind daher auf diesem Gebiet selbst heute die Verantwortung betastet und verpflichtet, die privaten Wirtschaft und Industrie in dem Ge- danken einer Förderung der Grundsichtlinien der Eisenbahn zu unterstützen. Es ist demnach zu hoffen, daß auch der Landtag des Landes Nordrhein-West- falen bei seinen in Kürze beginnenden Be- ratungen sich positiv zur Finanzierung der Bahnelektrifizierung äußern.

Die Frequenzwahl

Dabei sollte es selbstverständlich sein, daß die technischen Fragen bei der Durchführung der Elektrifizierung mit der hierfür erforder- lichen Sorgfalt geprüft werden, besonders die vielumstrittene Frage der Frequenzwahl. Der Wunsch der Bundesbahn, daß in Süddeutsch- land übliche Frequenz von 16 2/3 Hz zu ver- breiten, ist mit Rücksicht auf die Erprobung dieses Systems im Bahnbau technisch und psychologisch verständlich. Namhafte Ver- treter der Elektrifizierungs-Verbandwirtschaft haben aber gerade in letzter Zeit nochmals auf die ungeheuren Vorteile einer Elektrifizierung mit der in ganz Europa üblichen Normalfrequenz von 50 Hz hingewiesen, die zur Zeit in Frank- reich angewendet wird. Man sollte diese Ar- gumente äußerst ernst nehmen und sich nicht nur von Standpunkt aus interessierten sondern der gesamten Wirtschaft aus befehlen, diese technische Frage aber keinesfalls zum Anlaß nehmen, das gesamte Projekt noch irgendwie aufzuschieben. Es bedarf zur Durch- führung der Elektrifizierung derzeit erheblicher Vorarbeiten, die man technische Spezialfragen noch ohne Überstürzung genau untersuchen und entscheiden, jedoch durch eilige In- stituierung der Gesamtheit wertvollsten Teil- rufen gewinnen kann, im Interesse des de- schen Verkehrs, der der Elektrifizierung der Wirtschaft und der gesamten von der Ver- kehrswirtschaft abhängigen Bevölkerung.

Qualität und Kosten

Die Kuvo Qualität gegen Kosten hat einen sehr geklärten, übersichtlichen Verlauf, der eine ausgesprochenen "Zone" wirtschaftlicher Opti- malität aufweist. Sie liegt für die üblichen Opti- malen des allgemeinen Maschinenbaus bei einer Gesamtgewicht von 0,015-0,025 mm für Wellen und 0,02-0,04 mm für Bohrungen. 4270 Elektrolytische Nickel-Kadmium-Überzüge. Auf Fluor-Berat-Boden mit 75% Cd und 25% Sn lassen sich Überzüge auszeichnen, deren Not- schaden über den von den Elektrolytischen Nickel-Kadmium-Überzügen ausmachender Dicke. 4270

Die Situation des deutschen Fernsprechwesens

Moderne Trägerfrequenz-Systeme

Die Technik der deutschen Fernsprechanlagen lag dank einer sehr verständnisvollen Zusammenarbeit zwischen der Fernmeldeindustrie und der deutschen Postverwaltung — als dem wesentlichsten Abnehmer — schon seit der Jahrhundertwende auf einer beachtlichen Höhe. Dank ihrer Qualität schufen sich die deutschen Fernmeldeerzeugnisse auf dem Weltmarkt eine immer bedeutendere Stellung. Nach

Zu niedrige Fernsprech-Dichte

[illegible]

Ver. Staaten	27,1	Schweiz	18,2
Schweden	22,8	Norwegen	18,2
Dänemark	19,1	Dänemark	15,8

In den europäischen Ländern, die dann folgen, liegen die folgende Verhältnisse vor:

Norwegen	13,3	Frankreich	5,6
Belgien	7,5	Großbritannien	10,2
Finnland	7,7		

Westdeutschland folgt erst mit 4,4 und liegt ungefähr auf gleicher Höhe mit Argentinien. Während es in Amerika eine Reihe von Städten gibt mit einer Sprechstellende von über 50,0, sind die 4 bedeutendsten Städte in Westdeutschland,

Hamburg mit	10,5	Düsseldorf mit	9,9
Bremen mit	10,4	Frankfurt/M. mit	9,6

[illegible]

als 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847,

Es ist in Deutschland kein technisches Problem mehr, Fernsprechanlagen modernster und zuverlässigster Art zu schaffen. Lediglich die zur Modernisierung, Erweiterung und teilweise auch zum Wiederaufbau verfügbaren Geldmittel bestimmen das Tempo.

Werkzeugmaschinen-Kolloquium

[illegible]

81. Hauptversammlung des VDR

Der Verein Deutscher Ingenieure hält seine die
jährliche Hauptversammlung — die 81., seit Grund-
legung im Jahre 1856 — in Hannover (Stadthalle) ab. In d-
er Zeit vom 30./Juli bis 3. August werden in 11 Fac-
sitzungen (darunter 3 Diskussionsstagnungen) insges-
amt 33 Themen behandelt. Dazu kommen gesellschaftliche
Veranstaltungen, 14 Fabrikbesichtigungen und 7 gan-
ztägige Besichtigungsfahrten. Anfragen nach Program-
m und Anmeldung zur Tagung sind an die Abt.-Abt.
CO., VDI-Geschäftsstelle, Düsseldorf, Prinz-Georg-
Straße 77, zu richten.

Kontakt-Korrosion von nichtrostenden Stählen

Die in Gegenwart von Chlor-Ionen in sauren oxydierenden Lösungen beobachtete Lochfraß-Korrosion, wenn die Chrom-Legierung mit einem Nichtleiter (Glas, Kork, Gummi) oder einem Edelmetall (Platin, Gold) in Berührung steht, läßt sich weitgehend vermeiden, wenn man Stähle mit 22% Cr und 7% Mo in abgeschrecktem Zustand verwendet.

Kleinstmikrophon für Gehörhilfe

Das Mikrophon für Gehörlosenhör-Apparate hat mehr Neudrag in USA auf die Größe eines Manschette-klompies reduziert. Das Gerät nimmt Schallschwingungen bis 7000 Hz auf und läßt sich zur Absperrung des Störpfeises auf drei Frequenzen einstellen. Es ist mit einer kleinen Batterie und durch ein elastisches Verbindungsgeschloß mit dem Gehörlosenhörgerät verbunden. A 24

den baldigen Ausbau weiterer Speicherwerke erforderlich machen. An Projekten liegen in Deutschland selbst allerdings nur wenige, wie z. B. das Argenwerk mit 150 MW, das Pumpspeicherwerk Rehmsleben mit 200 MW,

Jochenstein mit 160 MW, das Sylvanstein-Speicherkraftwerk mit 200 MW und einige kleinere Werke vor. Interessante Großspeicher-Ausbau-möglichkeiten mit bareffriger Projektierung und Ausnutzbarkeit für das deutsche Netz bietet dagegen das benachbarte österreichische Alpen-gebiet in Tirol und Vorarlberg mit über 1000 MW Ausbauleistung insgesamt.

SW-Abdeckung der Alpenregionen. Die Alpenländer haben sich der Aufgabe gewidmet, das künftige Höchstspannungsnetz, das in seiner technischen Auslegung über die heutige Leitungssysteme hinausgehen wird, zu planen und zu realisieren und in Zusammenarbeit mit der Industrie technisch zu gestalten. Dieses Netz wird die international verarbeitete Betriebsspannung von 380 kV erfordern. Die Alpenländer werden sich an der Entwicklung des künftigen europäischen Höchstspannungsnetzes bilden. Die Abbildung gibt einen Begriff von der Lage und Ausdehnung des deutschen Höchstspannungsnetzes. Die Alpenländer sind sehr reichlich für die Wasserkraft, der Alpen, im Norden eine Schiene für die thermischen Kraftwerke, des Braunkohle- und Steinkohlengebietes, das durch die durchgehende Stromleitung Ströme abgeben kann, die für den Energiebedarfs-Schwerpunkt verlaufen. Die 380-kV-Leitungen werden die Einzelleistung einer Übertragungsteilung von 540 MW und als Doppelstrahl mit einer Leistung von 1080 MW für die Kapazität für die künftigen 380-kV-Leitungen.

Lage der Gesamtanlage des Schlachtzwerks

Die technischen Vorbereitungen sind in jeder Hinsicht getroffen, um mit der Entwicklung Schritt halten zu können. Die Verwirklichung ist allein abhängig von der Verfügbarkeit der Investitionsmittel.

Neues Zeitmeßgerät.

„Eine Schweizer Firma hat eine „Chrono-Camera“ entwickelt, die Zeitpunkte auf einen Hundertstel-Sekunde unmittelbar ablesbar auf einem Filmbstreifen ausrechnet. Als Zeitzähler dient ein Synchrontrommel, der von einer Gussuhr mit 100-1000-Schwingungen pro Sekunde angetrieben wird. Die Zeitdauer, die die Achse trägt eine leichte Zahnradscheibe mit den Zahlen 00 bis 99, die gleichzeitig elektrisch die Sekunden-, Minuten- und Stundenscheiben steuert. Der Motor arbeitet ebenfalls im Leerlauf. Wird ein Objekt in die Kamera eingelegt, so wird ein Foto blitzschnell von 20 Mikrosekunden Dauer aus, das die jeweilige Stellung der Scheiben auf einem Film festhält. Der Film wird in vier Sekunden automatisch entwickelt und zeigt dann in Form von Zahlen auf einer halben Hundertstel Sekunde den Zeitpunkt, zu dem das Foto gemacht wurde. Die Zeitdauer, die der Zeitzähler ausgerechnet werden kann, gibt es von 1 bis 99 Sekunden. Die Zeitdauer, die der Zeitzähler ausgerechnet werden kann, gibt es von 1 bis 99 Sekunden. Die Zeitdauer, die der Zeitzähler ausgerechnet werden kann, gibt es von 1 bis 99 Sekunden.“

4. Fernsprechkarte auf über 50 Sprechstellen für

Nahezu alle 70,3 Millionen Fernsprechstellen können über Orts-, Fern- und Weltfernsprechämter beliebig untereinander verbunden werden.

[illegible]

Regelung und Steuerung

Fortsetzung von Seite 1

lichen Steuereinrichtung wird die gemessene Größe mit einem Sollwert in einer Einrichtung 7 verglichen und die Abweichung in einer Leistungsverstärker 8 auf einen Wert gebracht, der eine unmittelbare Steuerung der zu beeinflussenden Einrichtung mittels einer Steuerorgane 9 bewirkt. Ein Servomotor oder eine elektrische oder mechanischen Ventils erlaubt in dieses Gebiet gehört auch das automatische Sortieren verschieden ausfallender Fertigungsstücke und das Zählen.

Eine sehr umfangreiche Literatur über jedes Teilgebiet der elektronischen Steuerung erlaubt die Orientierung über den Stand der Technik. Zahlreiche Firmen, Institute, Verbände und Fachzeitschriften der ganzen Welt führen in ihrem Namen das Wort Elektronik, so daß dies zu einem internationalen Begriff geworden ist.

den sind. Die Änderungen erstrecken sich auf alle Gebiete der Technik, von denen wir einige wenige Beispiele aus dem nichtelektrischen Gebiet nennen wollen, wie automatische Konstantenstrom- und -spannungsquellen, automatische Konstanthaltung von Amplitude und Frequenz an Motordrillmaschinen, z. B. Pulsmotoren, aus der Elektrotechnik, z. B. automatische, selbsttätige Einstellung der Drehzahl von Pumpen, das automatische Trocknen von Papiermaschinen; Einhaltung der Dicke von Papier oder Stoffbahnen oder Beschleunigungen, z. B. in der Beschleunigungstechnik, in der elektrische Steuerungslagen für Papierverarbeitungsmaschinen ergeben, bspw. maschinelle Zuschneiden mit großer Genauigkeit einen gegebenen Maßstab, die automatische Einstellung, die die elektronische Steuerung bei Drehbänken, insbesondere Revolverdrehbänken, sowie Schleif-, Bohr- und Fräsmaschinen erreicht, die automatische Einstellung der verschiedenen Arbeitsgänge, Toleranzen eingehalten oder auch nur eine Fehlmessung der Arbeitsschritte vorgenommen werden soll. Auch die automatische Einstellung vor allem aber bei Mehrfräsmaschinen, hat sich die elektronische Steuerung und Überwachung all-

immer wieder die Rationalisierung. Der vor-
derartige Einrichtungen steht in der keiner
Verfällung zu den Kosten der für keinen
durch wirtschaftliche Gestaltung des Kraft-
und Wärmehaushaltes, wesentliche Verminder-
Ausgestaltung der Anlagen erfolgt so, daß ein
geringe Wartung erfordern und vor allem auch
dem Maschinen-Ingenieur das Arbeiten mit den
den fremden Ländern, die sich nicht nur
haben. Eine enge Zusammenarbeit zwischen
schen Maschinenindustrie und dem Spezialge-
der elektronischen Meßtechnik sind dieses Ge-
Deutschland nach dem Kriege auf diesem Ge-
biet sehr viel nachholten. Unsere Fertigungs-
mitteln die sich mit der Entwicklung und Her-
beschäftigen, sind auf dem besten Wege, diese
Vorsprung einzuholen und zu überholen, von
von die letzte Messe in Hannover ein lebendiges



A logarithmic scale is shown, ranging from 10^{-6} to 10^0 . The scale is marked with major ticks at 10^{-6} , 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1} , and 10^0 . A horizontal line is drawn across the scale at the 10^{-1} mark. To the right of the scale, there is a small inset image of a device, possibly a sensor or a component of a system, with a label '10' above it.



*Millionen
bis Millionen*

Das Schaffen des Menschen
in alle Zweige der Wirtschaft
Die dargestellte Werbung

die Leistungsgrenze
das Band unserer
spannt:

Von Millionstel Wa-
ngangleistung von
und mehr Millionen-
abgabe bei Wande-

In jedem Erzeugnis
als hundertjähriges
bieten der Elektro-

Kondensator-
Milliarde

SK AG · SIEMENS-SCHÜC

[illegible]

en, zwischen denen sich
Fertigungsprogrammes
ell, und darunter als Ein-
Mikrofonen bis zu 100
n Vollampere Leistungs-
ertransformatoren.
und Erfahrungen aus mehr
Arbeit auf allen Teilge-
technik nutzbar gemachi-

Es ist in Deutschland kein technisches Problem mehr, Fernsprechanlagen modernster und zuverlässigster Art zu schaffen. Lediglich die zur Modernisierung, Erweiterung und teilweise auch zum Wiederaufbau verfügbaren Geldmittel bestimmen das Tempo.

Werkzeugmaschinen-Kolloquium

Das vom Versuchsfeld für Werkzeugmaschine und Reibtrieblehre der TH Aachen veranstaltete die

[illegible]

Kleinstmikroskop für Gehörlosen
Das Mikroskop für Gehörlose-Apparate hat sich mittlerweile in USA auf die Größe eines Mannschickes kleben reduziert. Das Gerät misst Schallwellenlänge und Frequenz. Es ist für Gehörlose, die mit einem Gehörlosen-Apparat versehen sind, geeignet. Das Störgeräusch der Frequenzanalyse (eingezeichnet) in Verbindung mit einer kleinen Batterie und einem kleinen Verbindungsstück ist das Gerät für Gehörlose einsetzbar. (A 24)

Genove Konstanten
Schwangerschaften auf dem Gebiet der Ultrafrequenz (100 bis 1000 MHz) (Hochfrequenz) (kurze Wellenlänge) (führt zur Forderung einer genaueren Bestimmung von Naturkonstanten, der Wellenlänge, der Frequenz, der Amplitude, der Phase, der Ausbreitung und der Lichtgeschwindigkeit in der Vakuum und in der Materie) (A 24)

Drummetrommel in 239 787,8 MHz (gegen 239 787,8 MHz) (A 24)

SIEMENS & HALSKE AG · SIEMENS-SCHÜCKERTWERKE AG

*Problematik der zeitlichen Rangordnung — Verständnis für eine menschliche Technik

Von Dr.-Ing. Karl Daeyes

Technik als Eigenzweck

Prioritätsstreben

Diese Art Technikgeschichte und das ethisch durchaus unbefriedigende Verfahren bei der Patenterteilung muß aber, vor allem bei den jüngeren Technikern, den Eindruck erwecken, daß es im Grunde weniger auf die Leistung, auf den Einsatz der Persönlichkeit ankommt, das als richtig Bekannte durchzusetzen, als vielmehr auf das Schaffen und die Verwirklichung eines „nischen“ Denken“ dazu mittelbar das Wohl der Theorie und Praxis der Fahrzeuge und Großfahrzeuge wesentlich weiter aus zweckmäßige Bau- und vor Wohnungen. R

Man darf sich daher nicht allzusehr über die Einstellung der Menschen zur Technik wundern. Die Menschheit bewertet auf lange Sicht immer nur die menschlichen Leistungen eines großen Mannes. Sie kümmert sich wenig um Spezialwissen und Spezialleistungen. Um Liebe und Verständnis zu wecken, muß die Technik zunächst humanistisch werden, das Menschliche, das Wohl des Menschen vor eigentechnische Rekorde und Leistungen stellen.

Und man gewinnt den Eindruck, daß auch das übersteigerte Prioritätsverstreuen in Technik mit einem Verfügungs-komplex zusammenhängt. Der Techniker fühlt sich als Mensch unterschätzt und will nicht anerkennen, daß er sich ja selbst so gern vom allgemeinen Menschen durch Ausdrucksweise, Neigungen und Ziele abschließt. So sucht er einen Ausgleich in der zeitlichen Bewertung seiner eigenen Leistungen und wird zum fanatischen Prioritätsverfechter.

Humanistische Technik

Die Techniker sollten bestrebt sein, stärker das rein Menschliche ihrer großen Männer in Vergangenheit und Gegenwart in den Vordergrund zu stellen. Es gibt heute schon ausgezeichnete, humanistisch gehaltene Biographien großer Erfinder und Ingenieure, es gibt lebhaft und begeistert geschriebene Überblicke über ganze Gebiete der Technik, wie das Buch von Volkmar Mathiessen „Das und der Stahl“ (Zeitungen und Zeitschriften bringen in letzter Zeit knappe, aber wertvolle Skizzen von großen Männern der Technik. Aber es ist gerade der Techniker, der sich abfällig über solche, nach seinem Aspekt zu allgemein gehaltenen zu

Fortsetzung von Seite 4

auch bei den Leuchtstofflampen gegenüber dem
Glimmlicht nicht zu erwarten.

Umstände kommt für die moderne Straßenbeleuchtung der Leuchstofflampe besondere Bedeutung zu. Sie bietet nicht nur wesentliche Vorteile lichteconomischer Art, die einer Aufhellung des Straßenraumes in einer bisher nicht erreichten Gleichmäßigkeit ohne die Gefahr der Blendung durch die Lippen der Leuchtöffnungen entgegenwirken, sondern auch wertvolle Vorteile gegenüber aller anderen Leuchtarten erwarten. Diese Überlegenheiten liegen dazu, daß die Stadt Dortmund gemeinsam mit den Vereinigten Elektrizitätswerken Westfalens umfangreiche Beleuchtungsanlagen mit Leuchstofflampen errichten, und es ist beachtenswert, daß weitere Straßen, die heute noch vorwiegend mit Gas- oder Glühlampen beleuchtet sind, ebenfalls auf Leuchstofflampen umgestellt werden.

Der Hauptteil der Anlagenwerke der elektrischen Straßenbeleuchtung liegt im wesentlichen in dem Beleuchtungsnetz. Bisher wird die Straßenbeleuchtung allgemein durch beidseitig der Anlagen beidseitig, an die einzelnen Leuchten Leitungen geschaltet. In Schaltungen geschaltet werden im Ausland sind in der Nachkriegszeit Netzkommandanlagen entwickelt worden, die ohne besondere Steuerleitungen von einer zentralen Stelle aus an beliebiger Netzstelle Schaltaktionen auslösen. Diese Netzkommandanlagen können

„fruitionistisch“ geschriebene Artikel ausübt und mit diesem scheinbar sachverständigen Urteil manchen Nichttechniker abhält, Werke zu lesen, die nur einer Erweckung breiteren Interesses und damit einer Wertschätzung für Technik und Techniker dienen. Was man aber mit flüssig und begeisternd geschriebenen Darstellungen auch auf schwierigen Gebieten erreichen kann, das zeigt das Buch von C. W. Ceram „Götter, Gräber und Gelehrte“, das als Roman der so spröden Archäologie zu einem der meist gekauften Bücher wurde.

Die Ingenieure sollten „mit allen Mitteln“ Bächer und Beiträge fördern, die der Allgemeinheit die Technik durch Botation des Menschlichen näherbringen und sie sollten sich ihre Probleme und Aufgaben bevorzugt da suchen, wo die Technik unmittelbar dem Menschen dienen kann. Dann wird auch der Ingenieur nicht mehr nur auf Grund seiner Fachleistungen, von Fachgenossen, sondern als Mensch und Menschenführer von der Allgemeinheit gewertet und gleichberechtigt zur Lösung sozialer und politischer Aufgaben herangezogen werden, so wie heute der Jurist, der Arzt und Kaufmann weniger auf Grund ihrer Fachkenntnisse, sondern wegen ihrer menschlichen Fähigkeiten an diesen Aufgaben an führender Stelle mitwirken.

⁴⁾ Auszug aus einem Vortrag vor dem Niederrheinischen Bezirksverein des Vereins Deutscher Ingenieure in Düsseldorf.

auch zur Steuerung der Straßenbeleuchtung herangezogen werden, wobei ein besonderes Beleuchtungsnetz für die Straßenbeleuchtung im Notfall kommen kann.

Eine solche Netzkommando- oder Zentralsteuerungsanlage arbeitet mit Totfreuquenzimpulsen, die meist in das Mittelspannungsnetz des Elektrizitätsversorgungsunternehmens eingesperrt werden, sich der normalen Spannung von 50 Hz überlagern und im gesamten Netz ausbreiten. Sie gelangen über die Zwischentransformatoren in Versorgungsnetze in die Niederspannungsnetze und werden hier von besonderen Relais empfangen. Die Relais führen entsprechend den Impulsen verschiedene Schaltbefehle aus. Es ist möglich, eine größere Anzahl von Befehlen völlig voneinander unabhängig zu übertragen.

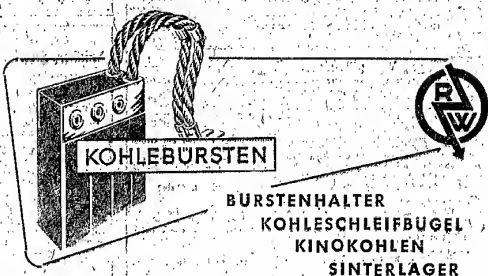
Die Aufwendungen für die Zentralsteuerungs-Sendeanlage, deren Kosten sich hauptsächlich nach der Größe des auszusteuern den Netzes, seiner Spitzenlast und seinem Aufbau richten, sind beträchtlich. Sie sind aber meist geringer als die Anlagekosten, die sich für den Ausbau eines besonders beleuchtungsnetzes bei großen und umfangreichen Straßenbeleuchtungsanlagen ergeben.

Für die Beleuchtungsanlagen der Stadt Dortmund wurden eingehende Untersuchungen darüber angestellt, ob die Einführung einer Zentralsteuerung wirtschaftlich gerechtfertigt ist. Diese Untersuchung ergab, daß durch eine solche Anlage etwa die Neuzulassung von 30 km Schall- oder Beleuchtungsanlagen eingespart werden kann. Allein hierdurch werden die Folgekosten für die Sendeanlage der Zentralsteuerung voll aufgebracht, und es kann damit getrieffen werden, daß sich die Anlagekosten für die gesamte Straßenbeleuchtung durch diese Anlage erheblich vermindern.

Die Arbeit des VDE

Die kleine Dreieck mit dem Buchstaben VDE ist ein Zeichen für die Einhaltung der deutschen Normen. Elektrotechniker aus fast breiteten Bevölkerungskreisen; bekanntmachung. Es bietet die Gewähr, daß der Benutzer bei richtiger Benutzung des Produkts keine Gefahr durch elektrischen Strom bewahrt bleibt. Diese Überprüfung von Elektrogeräten auf Sicherheit ist nur eine der vielen Aufgaben des VDE. In einer 70-Kommission des Instituts werden auch die neuesten Regeln, die heute in einem umfangreichen, 8 Bände umfassenden Werk zusammengestellt sind, erarbeitet. Das Ergebnis einer selbstlosen Genossenschaft, die sich der Förderung der technischen Fortschritt, der Behörde und Wissenschaft in VDE gleichmäßig beteiligt sind. Das Verbandsorgan, die Elektrotechnische Zeitschrift, hat seit ihrer Gründung im Jahre 1906 einen hervorragenden Ruf. In 22 Mitgliedsvereinen sind heute wieder 79.000 Mitglieder zusammengeschlossen.

RATINGEN



RUF, BAD GOESBERG 6951

DRAHT, KOHLEBURSTE, MEHLEM

RINGSDORFF-WERKE GMBH MEHLEM-RHEIN

SPEZIAL ELEKTRO SPEZIAL ELEKTRO
ELEKTRO SPEZIAL ELEKTRO SPEZIAL

ELEKTROMOTOREN
TRANSFORMATOREN
SCHWEISSGERÄTE
SCHALTANLAGEN

SCHORCH-WERKE AG. RHEYDT

Industriekurier

UNABHÄNGIGE ZEITUNG FÜR POLITIK, WIRTSCHAFT UND TECHNIK
TECHNIK UND FORSCHUNG

Nr. 88 (21) 4. Jahrgang

DUSSELDORF

Mittwoch, 13. Juni 1951

EISENWERK WANHEIM GMBH

Ehinger Straße 334 **DUISBURG-WANHEIM** Postfach 14
 Drahtwort: Wanwerk Duisburg · Fernschreiber: 03761 wanwerk duisb · Fernruf: Duisburg 66 51
 Postscheckkonto: Essen Nr. 2310 Bankkonto: Landeszentralbank Duisburg

Erzeugungsplan

1. Abteilung Gesenkschmiede mit Bearbeitungswerkstatt

Gesenkschmiedestücke aller Art nach Muster oder Zeichnung von 1 bis 300 kg Stückgewicht, roh, vorgearbeitet oder fertig bearbeitet, normalgeglüht oder vergütet.
 Stahlkugeln und Cylpebs für Kugelmühlen aus verschleißfesten Sonderstählen.

2. Abteilung Strebaubau

Grubenstempel, Kappen in bester bewährten Konstruktionen aus Spezialprofilen, für alle Abbauarten, insbesondere auch für die mechanische Kohlegewinnung, aus Stahl und Aluminium.

3. Abteilung Stahlhoch- und Brückenbau

Stahlhochbauten, Brücken, Bohr- und Pumptürme, Fördertürme, Gittermaste, genietet und geschweißt, nach eigenen und fremden Konstruktionen.
 Montagen, Übernahme von Aufstellungs- und Abbrucharbeiten jeder Art; Umänderung von bestehenden Konstruktionen.

4. Abteilung Aufarbeitung

Schweißen und Aufarbeiten von Schienen und Schwellen oder sonstigen Stücken mittels elektrischer Stumpfschweißung.

5. Abteilung Maschinenbau

Für Hüttenwerke, Maschinenfabriken, Bergwerke, chem. Werke usw. **vollständige maschinelle Einrichtungen** nach eingesandten Zeichnungen für **Walzwerks-Anlagen** wie Kammwalzgerüste, Walzgerüste, Rollgänge, ferner Adjustagemaschinen, z. B. Richtpressen, Richtmaschinen, Bleischeren, Sägen usw.
Hydraulische Pressen aller Art mit den dazugehörigen Pumpen bis zu den schwersten Ausführungen.
 Steinpressen, Abkratpressen, Etagenpressen für die Kunsthazindustrie, Bakelitpressen.
Gesenkschmiede-Hämmer bis zu den schwersten Ausführungen.
Reserve- und Reparaturteile für alle Anlagen und Maschinen oder sonstigen Bedarf.

6. Abteilung Kupplungen

Forst-Kupplungen DRP., **We-Ka-Kupplungen**, **Erven-Kupplungen**, für kleinste bis größte Antriebe aller Art.

7. Abteilung Graugießerei

Graugußstücke jeder Art und Größe, von kleinen Abmessungen bis 120 t Stückgewicht, in allen Graugußarten nach DIN, Hartguß, feuerbeständigen Guß und Sondergußeisensorten aus Kupolöfen und Niederfrequenzöfen; Stahlwerkskokillen und Zubehör, gußeiserne Schweißstäbe, Bremsklötze, Kolbenringe, Gußteile für den Weichenbau usw.
 In Sonderheit **Spezialgußeisen** als Austauschwerkstoff für Lagerzwecke.

8. Abteilung Metallgießerei

Metallguß jeder Art bis 300 kg Stückgewicht.

BECKER & WRIETZNER VERLAG · DUSSELDORF

Linde

liefert

Geräte und Betriebsstoffe für die neuesten
Schweiß- und Schneidverfahren wie:

- Ellira
- Argonarc
- Pulverbrennschneiden
- Autogenes Preßschweißen
- Lindeflux (gasförmiges Flußmittel)
- Sauerstoff-Lichtbogenschneiden
- Sauerstoffhobeln
- Fugenhobeln
- HF-Zündgeräte

sowie

- Schweißargon
- Sauerstoff
- Wasserstoff
- Azetylen
- Karbid

ab mehreren Werkslagern

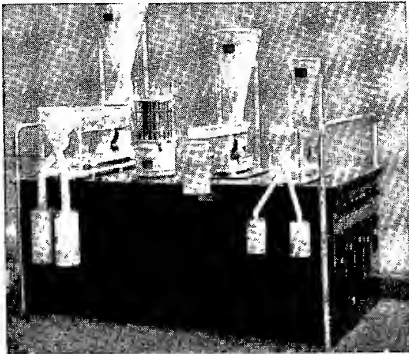
GESELLSCHAFT FÜR LINDE'S EISMASCHINEN
AKTIENGESELLSCHAFT
HÖLLRIEGELSREUTH BEI MÜNCHEN

Tel.-Adresse: Sauerstoff München
Fernsprecher: München 71 481

BÖHLER

Edelstähle
Edelschweißdrähte
Schweiß-Elektroden
Böhlerit-Hartmetalle
Hartmetall- und Schnellstahlwerkzeuge
Antinit-AS-SAS-Bleche
austenitische Chrom-Nickelstahl-Bleche
Antinit-KW-Bleche
ferritische Chromstahl-Bleche

GEBR. BÖHLER & CO.
AKTIENGESELLSCHAFT
EDELSTAHLWERK DÜSSELDORF
Verkaufsstellen: Berlin, Düsseldorf, Leipzig, Stuttgart



Elektromagnetische
Apparate

- EMZ Zuteiler
- EML Laborsieb
- EMR Rüttler
- EMP Probenehmer
- EMS Feinsieb

Prüfsiebe nach
DIN 1170/71

Drahtgewebe
für Sieb- und
Filterzwecke

HAVER & BOECKER **OELDE/Westf.**

Alles
für die Schweißtechnik

Seit Jahrzehnten ein Begriff für Leistung und Qualität

BRÜNING - PIONIER
Essen, Auf der Donau 17, Ruf 233 47/48

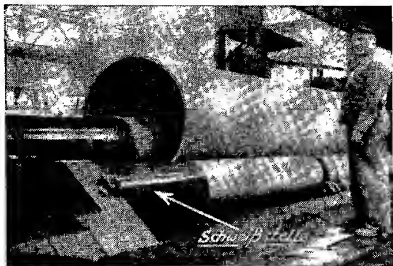


Bild links
Geschweißte Mittelwalze
eines Rohrbiegewerks
seit 1938 in Betrieb



Bild rechts
Kippschwanzwalze eines
Rohrbiegewerks vor dem
Einformen nach Anlegen
des Wachswulstes - 1950

„THERMIT“ - SCHWEISSUNG

bestens bewährt für die Reparatur gebrochener

- Kammwalzen, Profilwalzen
- Walzenständer, Antriebswellen
- Kurbelwellen, Kolbenstangen
- Schiffssteven usw.

bis zu den größten Dimensionen aus gegossenem
oder geschmiedetem Stahl.

Elektro - Thermit Essen G. m. b. H.
Essen, Heilermannstraße 15 — Tel. 21231

Industriekurier

UNABHÄNGIGE ZEITUNG FÜR POLITIK, WIRTSCHAFT UND TECHNIK

Wochenausgabe

TECHNIK UND FORSCHUNG

Nr. 88 (21) — 4. Jahrgang

DUSSELDORF

Mittwoch, 13. Juni 1951

VDE-Jahresversammlung 1951

In diesem Jahre hält der Verband Deutscher Elektrotechniker seine Hauptversammlung in der Zeit vom 11. bis 16. Juni in Hannover ab. Durch die Wahl dieses Tagungsortes wird die Bedeutung dieser Stadt, die es in der Nachkriegszeit mit Geschick und Tatkraft verstanden hat, sich zum Mittelpunkt der Export- und Technischen Messe von Westdeutschland zu entwickeln, auch durch einen großen Fachverband unterstrichen. Vielleicht ist es nur ein Zufall, daß auch der Verein Deutscher Ingenieure seine 83. Hauptversammlung in diese „Großstadt am Grünen“ für Ende Juli einberufen hat, wenn sich inzwischen die Pforten der Constructa-Bau-Ausstellung, auf welcher auch die Energiewirtschaft vertreten sein wird, geöffnet haben werden.

Wenn auch die Stadt an der Leine es nicht mit den industriellen Schwerpunkten des Rhein-Ruhr-Gebietes aufnehmen kann, so verfügt sie doch über recht bedeutende Unternehmungen von weltbekanntem Ruf, zu denen sich nach dem Zusammenbruch noch andere hinzugesellt haben. Von jeher wurden Wissenschaft und Technik dort in Ehren gehalten und die Technische Hochschule ist auch über die Grenzen Niedersachsens hinaus bekannt.

Das Programm der diesjährigen VDE-Tagung ist in bedeutendem Umfang auf die Schwachstromtechnik abgestellt, womit bewußt betont werden soll, daß der Verband, dessen Gründung in die stürmische Entwicklung der Starkstromtechnik fällt, auch diese zartere und jüngere Schwester fördern und pflegen will. Auch der Hauptvortrag von Professor Dr.-Ing. Karl Kupfmüller, Stuttgart, ist einem schwachstromtechnischen Thema gewidmet und behandelt die

Technik der elektrischen Nachrichtenverbindungen.

Gerade hier sind, nicht zuletzt unter dem Zwang des Krieges, im vergangenen Jahrzehnt, außerordentliche Fortschritte erzielt worden.

Seitdem man gelernt hat, von den langen und mittleren Wellen in das Gebiet der kurzen und ultrakurzen Wellen vorzustoßen, haben sich neue Anwendungsmöglichkeiten auf allen Zweigen der Technik ergeben, an die man früher nicht im entferntesten dachte. Erinnert sei in diesem Zusammenhang an die auch dem Laien zum Begriff gewordenen Gebiete des Ultra-Kurzwellen-Funks bzw. des Radars, des Fernsehens, und des Ultraschalls. Freilich weiß nicht jeder, daß man mit Ultraschall neuerdings Aluminium löten, Wäsche waschen oder Rauchgase entstauben kann. Die Ultra-Kurzwellen dienen aber nicht nur der Sendung und dem Empfang von Nachrichten oder Musik, sondern auch der Peilung und Steuerung des Verkehrs in Schlechtwettergebieten. Auch die Röntgentechnik, ursprünglich nur auf die Medizin beschränkt, hat sich neue Bereiche erobert. Röntgengeräte für Spannungen von ein bis zwei Millionen Volt, die vorläufig nur in Amerika hergestellt werden, sind zur Untersuchung von Schweißnähten an schweren Werkstücken, wie Hochdruck-Kessel-Trommeln, entwickelt worden. Sie ermöglichen eine zerstörungsfreie Prüfung und gewährleisten in kürzester Frist ein sicheres Ergebnis.

Damit gleichlaufend hat auch

die Meßtechnik

einen großen Aufschwung erfahren, da sie sich vor die Notwendigkeit gestellt sah, eine Anzahl neuartiger Probleme zu lösen. Stoßspannungsszilloskopien können sehr schnell verlaufende Vorgänge aufzeichnen und festhalten. Moderne Frequenzmeßanlagen können Schwingungen von wenigen bis zu 300 000 Hz mit größter Genauigkeit erfassen. Hochfrequente Ströme werden zum Härten und Vergüten von Stählen und Legierungen benutzt. Diese Verfahren sind oft von so kurzer Zeitdauer, daß die

einwandfreie Messung der Glüh- und Anlaßtemperatur mit bisher bekannten Mitteln nicht möglich ist und ein besonderes Instrument, das Milliskop, entwickelt werden mußte, welches Momentablesungen gestattet.

Welche Annehmlichkeit bedeutet die Erfindung des Magnetophons, dieses hochwertigen Aufnahmeapparates, für Tagungen und Diskussionen, das die natürliche Wiedergabe jedes gesprochenen Wortes nach beliebig langer Zeit und beliebig oft gestattet. Infrarot-Wellen werden zu Heizungs- und Trocknungszwecken in der Farben- und Lebensmittelindustrie in steigendem Maß angewandt.

Ein weiteres Gebiet des Schwachstroms ist die Regel- und Steuertechnik, die sich besonders im Werkzeugmaschinenbau immer mehr ausbreitet. Ferngesteuerte Wasserkraftanlagen mit laufender Rückmeldung aller wichtigen Betriebswerte sind bis zur höchsten Vollkommenheit entwickelt worden. Die Technik der Fernwirkanlagen hat sich zu einer umfang-

reichen Spezialwissenschaft ausgebildet. Kessel mit Dampfleistungen bis zu mehreren hundert Tonnen je Stunde werden auf den jeweils verlangten Betriebszustand selbsttätig eingeregelt und von einer zentralen Warte aus überwacht. Feuerführung und Wasserstände werden in USA durch Fernseheinrichtungen übertragen. Neue Geräte zur Überwachung des pH-Wertes, der für das Kesselspeisewasser von Wichtigkeit ist, und Sauerstoff-Messer nach elektrischem Prinzip sind willkommen Neuschöpfungen. — Aber auch

die Starkstromtechnik

hat nicht auf ihren Erfolgen ausgeruht. Die Leistungen der Stromerzeuger sind ständig gestiegen, die spezifischen Gewichte je Leistungseinheit ermäßigt worden. Wenn bisher in Deutschland Einheiten mit 100 000 kW und mehr nicht gebaut wurden, so liegt dies nicht etwa am Unvermögen der einschlägigen Industrie, als vielmehr daran, daß bei uns der Bedarf für der-

Fortsetzung auf Seite 184

Großabschaltversuche am Grand Coulee-Damm

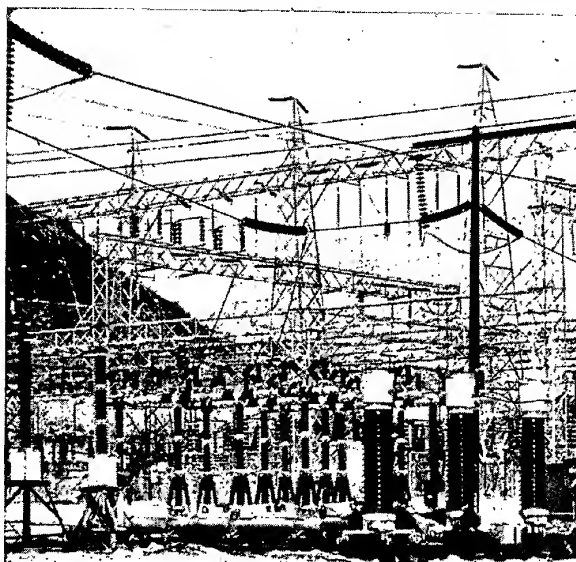
Aus den Vereinigten Staaten wird von Großabschaltversuchen berichtet, die dort kürzlich mit einem Druckluftschalter normaler Freiluftbauart für 220 000 Volt und 6 Millionen kVA Nennabschaltvermögen durchgeführt wurden. In dem imposanten Wasserkraftwerk an dem 1310 Meter breiten und 168 Meter hohen Grand Coulee-Damm im Staate Washington, wo seit einiger Zeit Hochleistungsschalter geprüft werden, hat jetzt der Brown-Boveri-Druckluftschallschalter für 220 kV und 6 Millionen kVA Nennabschaltvermögen seine Erprobung unter praktisch noch nie erreichten Betriebsbedingungen glänzend bestanden.

Bereits im Herbst 1949 hat ein Schalter dieser Bauart in Frankreich im 220-kV-Netz, das die Pariser Ringleitung speist, seine überragenden Eigenschaften im praktischen Netzbetrieb bewiesen. Die Gelegenheit zu noch bedeutenderen Großversuchen, wurde der Firma Brown-Boveri durch die Bonneville Power Administration an einem der größten Staudämme der Erde geboten. Die Wahl fiel auf das 220-kV-Netz am Grand Coulee-Damm, weil, vermutlich sonst

nirgends in der Welt eine derart große Konzentration der Einspeiseleistung zu finden ist. Der Druckluftschalter konnte in einer großen Versuchsreihe alle Kurzschlußströme auch bei Wiedereinschaltung bewältigen, selbst nachdem noch eine große Maschineneinheit mehr auf das Netz geschaltet worden war als bei früheren schwersten Schaltversuchen.

Die maximale Abschaltleistung des Schalters lag volle 30 Prozent über seinem Nennabschaltvermögen und betrug nach amerikanischen Normen 11 Millionen kVA bei einer Spannung von 238 kV und einer Abschaltzeit von nur $\frac{1}{100}$ Sekunden. Der Schalter war damit noch nicht an der Grenze seiner Leistungsfähigkeit angelangt und die Schaltkontakte waren nach der Demontage, die an einer Schaltkammer in der kurzen Zeit von 6 Minuten erfolgte, noch voll betriebsfähig.

Die amerikanische Fachpresse hat diese einzigartigen Versuchserfolge mit größter Aufmerksamkeit verfolgt und ausführlich darüber berichtet.



Die Brown-Boveri-Druckluftschallschalter Typ DCVF in der 220-kV-Schaltstation am Grand Coulee-Damm.

Die Schalter konnten in einer großen Versuchsreihe alle Kurzschlußströme, auch bei Wiedereinschaltung, bewältigen, selbst nachdem noch eine große Maschineneinheit mehr auf das Netz geschaltet wurde als bei früheren schwersten Schaltversuchen

Werkfoto: Brown Boveri

Höchstspannungstagung in Dortmund

Die Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen e. V., die am 11. Juni d. J. auf ein dreißigjähriges Bestehen zurückblicken kann, veranstaltete vom 29. bis 31. Mai in Dortmund eine Arbeitstagung, auf der namhafte Fachleute über die Entwicklung auf diesem interessanten Gebiet der Elektrotechnik eingehend berichteten. Auch aus dem Ausland (Frankreich, Italien, Schweiz, Österreich) waren Vertreter erschienen. Neben den Vorträgen, von denen wir nachstehend kurze Inhaltsangaben veröffentlichen, fand noch eine Reihe von Besichtigungen statt.

Die Studiengesellschaft beschäftigt sich u. a. mit der Gewitterforschung, Überstrom- und Überspannungsschutz, Erdungsfragen und der Lösung solcher Probleme, die der Elektrizitätswirtschaft bei ihren Betrieben irgendwie zu schaffen machen, also mit Dingen, die der Entwicklung und Sicherheit der Energieversorgung dienen. Mitglieder der Gesellschaft sind die Vertreter der Elektrizitätsversorgungs-Unternehmen, der Elektro- und Porzellanindustrie sowie Professoren der technischen Hochschulen.

Dipl.-Ing. B. Stauch, AEG, Berlin

Der Reihen Kondensator in Theorie und Praxis

A. Theorie

Der normale Stromkreis des Drehstromsystems. Spannungsabfall, Spannungsverdringung bei wechselndem Leistungsfaktor und wechseln der Last.

Der Stromkreis mit Reihen Kondensator.

Spannungsabfall, Spannungsverdringung. Beanspruchung des Reihen Kondensators im Normalbetrieb.

Bemessung des Reihen Kondensators.

Spezifische Leistung des Reihen Kondensators. Beanspruchung des Reihen Kondensators in Störungsfällen.

Schutz gegen Überbeanspruchung.

Verbesserung der Übertragungsfähigkeit und Stabilität der Energieübertragungen über große Entfernungen.

Wirtschaftlichkeit der Reihen Kondensatoren.

Spannungshaltung, Übertragungsfähigkeit, Stabilität.

B. Praxis

Anlagen für stark schwankende induktive Lasten.

Anlaufströme großer Motoren, Schweißanlagen, Lichtbogenöfen, Umkehrbetriebe.

Anlagen für Energieübertragung über große Entfernungen.

Betriebsverfahren.

Sekundäre Störungen, ferromagnetische, unsynchronisierte Frequenzen.

Dr.-Ing. P. Denzel, EVS Biberach

Aufteilung der Blindbelastung auf Netz und Verbraucher

Die Nachteile des Transports von Blindstrom über längere Strecken und mehrere Spannungssysteme hinweg sind allgemein bekannt. Die daraus folgende Erkenntnis — die benötigte Blindleistung an ihrem Verbrauchsort zu erzeugen — läßt sich heute durch den als Kompensationsmittel besonders geeigneten Kondensator leicht verwirklichen. Voraussetzung für die richtige Aufstellung der Kompensationsmittel ist die Kenntnis der Blindstromverteilung. Nun wird der Blindstromverbrauch sowohl durch die Abnehmer als auch durch die Leitungen und Transformatoren der Übertragungsnetze bestimmt. Dementsprechend müssen auch die Kompensationsmittel im Netz und bei den Verbrauchern aufgestellt werden.

Die durch das Übertragungssystem bedingte Blindbelastung ist stark von der Netzbelastung abhängig; je nach dem Belastungszustand wird sie durch die Ladeleistung der Netze unter- oder überkompensiert. Die zusätzliche Kompensationsleistung in den verschiedenen Spannungsstufen eines Übertragungssystems ist dementsprechend von den bei einem EVU vorhandenen Netzlängen und Netzzuständen abhängig; eine allgemeine Angabe über die Verteilung der Kompensationsmittel auf die verschiedenen Spannungsstufen ist nicht möglich.

Am Beispiel des EVS-Netzes wurde die Verteilung der ins 100-kV-Netz eingespeisten Blindbelastung bis zu den Ortsnetztransformatoren verfolgt und die Aufteilung der Kompensationsleistung in den verschiedenen Spannungsstufen des Übertragungsnetzes gezeigt.

Dipl.-Ing. K. Werner, Stud.-Ges. Ruhl

Das Schalten von Blindlastkondensatoren

Es wurden Versuchsergebnisse über das Schalten von Blindlastkondensatoren mitgeteilt. In einer 10-kV-Umspannanlage wurden Kondensatoreinheiten von 200–4000 kVar ge-

schaltet. Dabei wurden verschiedene Ölarme und öllöse Flüssigkeitsschalter, Leistungsschalter und Leistungstrennschalter erprobt. Druckluftschalter standen nicht zur Verfügung.

Beim Einschalten von Kondensatoren traten Ausgleichvorgänge des Stromes mit steilem Stromanstieg und hohen Stromspitzen auf. Es wurden die Auswirkungen dieser Vorgänge auf den Kondensator und Schalter besprochen. Beim Zuschalten einer Kondensatorbatterie ans Netz erfährt der Einschwingvorgang durch die Impedanz des Netzes eine natürliche Dämpfung, die in den meisten Fällen ausreicht. Beim Parallelschalten von zwei Batterien, von denen eine schon unter Spannung steht, sind Dämpfungswiderstände unerlässlich.

Für die Versuchsanlage wurden die günstigsten Werte der Dämpfungswiderstände experimentell ermittelt. Dabei wurden die geschaltete Kapazität, die schon am Netz befindliche Kapazität und die Netzinduktivität verändert.

Die Vorgänge sind der Berechnung zugänglich. Die errechneten Werte stimmen mit den experimentell ermittelten gut überein. Es können allgemein gültige Angaben für die Widerstandsbestimmung gemacht werden.

Auch vorgeschaltete Drosseln mit einem Blindleistungsverbrauch von etwa 1% der geschalteten kapazitiven Blindleistung milderten bei Parallelschaltung zweier Kondensatorbatterien den steilen Stromanstieg und die Höhe der Stromspitze in ausreichendem Maße. Vorschaltedrosseln erhöhen den Oberwellengehalt der Stromkurven.

Treten beim Abschalten Neuzündungen auf, wiederholen sich die Einschaltvorgänge. Die Stromspitzen können dabei noch größer

werden, weil durch die auf dem abgeschalteten Kondensator verbliebene Ladung die den Einschaltstromstoß treibende Spannung größer wird. Abschaltungen durch Leistungstrennschalter bis zu Blindleistungen von 2000 kVar und durch Leistungsschalter bis zu Blindleistungen von 4000 kVar verliefen ohne jede Störung. Einige Schalter arbeiteten fast ganz ohne Neuzündungen, andere nicht ohne Neuzündungen.

Die Vorgänge in der Spannung erfordern keine besondere Beachtung. Beim Zuschalten sind Spannungseinbrüche in der Netzspannung von sehr kurzer Dauer. Bei Ausgleichvorgängen halten sich die Überspannungen an zulässigen Grenzen.

Von allen besprochenen Vorgängen wurden Oszillogramme gezeigt.

Dipl.-Ing. M. Erich, Badenwerk, Karlsruhe

Leistungstrennschalter für Mittelspannungen

Leistungstrennschalter sollen an bestimmten Punkten des Netzes an Stelle von Leistungsschaltern treten, um so einer Verringerung der Anlagen zu kommen, sowie Trenner ersetzen, um mit wirtschaftlichen Mitteln eine technisch sicherere Anlage zu schaffen.

Die Kurzschlußleistung in den Netzen wächst laufend und liegt durchweg über 50 MVA. Da Leistungstrennschalter für Mittelspannungsnetze nur Abschaltleistungen bis etwa 25 MVA aufweisen, müssen zwecks Kurzschlußschutz den Leistungstrennschaltern Hochleistungssicherungen vorgeschaltet werden. Durch diese Maßnahme ist allerdings die Einbaumöglichkeit der Leistungstrennschalter auf diejenigen Punkte beschränkt, in denen im Kurzschlußfall eine unverzügliche Auslösung zulässig ist. Im Bereich der Elektrizitätsversorgungsunternehmen können sie daher als Abgangsschalter in Unterstationen und in beschränktem Umfang, soweit keine Zeitverzögerung wegen der selektiven Fehlererfassung erforderlich ist, als Schalter für Zwischentransformatoren Verwendung finden.

In industriellen Betrieben eignen sie sich als Motorschalter für geringere Schalt häufigkeit.

Ein weiteres Einbaubedürfnis von Leistungstrennern liegt als Ersatz von normalen Trenn-

VDE-Jahresversammlung 1951

Fortsetzung von Seite 183

artige Leistungen in einer Maschine nicht vordringlich war. Zur Zeit sind jedoch auch in Westdeutschland ernsthafte Pläne im Gange, um nach amerikanischen Vorbildern Blockkraftwerke zu errichten. Auch die Wasserkühlung der Generatoren, durch deren Anwendung eine Leistungssteigerung derselben Type von 10 bis 15% gegenüber der bisher üblichen Luftkühlung möglich ist, wird sich bei großen Maschinen in nicht allzu ferner Zeit durchsetzen. Technisch sind diese Probleme jedenfalls als gelöst zu betrachten.

Der öllöse Hochleistungsschalter, an dessen Entwicklung die deutsche Elektroindustrie führend beteiligt war, hat sich auf der ganzen Welt durchgesetzt. Die 220-kV-Leitungsnetze haben ihre Bewährungsprobe bestanden. Allerdings bleibt abzuwarten, ob die induktive Erdung dieses Netzes beibehalten oder zur starren Nullpunktterdung übergegangen wird. Die Pläne zur Ausgestaltung eines 400-kV-Netzes werden eifrig studiert. Schweden ist mit dem Bau einer fast 1000 km langen Verbindung nach dem Bündelleitersystem von Harsprangt am Polarkreis nach Hallsberg in Mittelschweden vorangegangen. Von europäischem Interesse ist die Planung einer Seekabel-Verbindung zwischen Südschweden und der Ostsee-Insel Gotland, die eine Leistung von 20 MW mittels hochgespanntem Gleichstrom (100 kV) übertragen soll. Dieses Projekt ist im Hinblick auf eine spätere Überführung skandinavischer Wasserkraftenergie nach Mitteleuropa von Bedeutung.

Auch auf dem Gebiet der internationalen Zusammenarbeit sind bedeutende Fortschritte zu verzeichnen. 1950 waren zahlreiche Kommissionen und Einzelpersonen in Frankreich, England und den Vereinigten Staaten und konnten den Kontakt mit ihren dortigen Fachkollegen wiederherstellen. Im gleichen Jahr war eine deutsche Abordnung erstmals wieder zunächst als Gast und Beob-

achter bei der Volltagung der Weltkraftkonferenz in London, wo einzelne Teilnehmer auch wertvolle Diskussionsbeiträge lieferten. Weiterhin waren deutsche Vertreter bei der Tagung der Weltkraftkonferenz in Neudelhi in Indien im Januar 1951 anwesend, wo Probleme der Stromversorgung der Landwirtschaft und die Abstimmung der industriellen Entwicklung mit der Energieversorgung (Elektrizität im Bergbau, Elektrifizierung der Industrie, Verbundbetrieb zwischen Wasser- und Wärmekraft sowie Verfahren zur Schätzung der Strombedarfsentwicklung) erörtert wurden.

Es ist zu hoffen, daß der von Deutschland beantragten Aufnahme, als vollberechtigtes Mitglied zukünftiger Konferenzen zugelassen zu werden, in Kürze stattgegeben und damit auch auf technischem Gebiet die Gleichberechtigung wiederhergestellt wird. — Auch

der intereuropäische Energiegedanke

hat insofern Fortschritte gemacht, als auf Empfehlung des europäischen Wirtschaftsrates der OEEC im Februar 1951 die U.C.P.T.E (Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Electricité en Europe) gegründet wurde, die zwischen den angeschlossenen Ländern einen Ausgleich in der Bereitstellung der dargebotenen elektrischen Energie und den zweckmäßigsten Einsatz aller Verteilungs- und Erzeugungsanlagen herbeiführen soll. Freilich wird es noch der Ausräumung mancher Meinungsverschiedenheiten und der Abstimmung individueller Auffassungen der einzelnen Mitgliedsstaaten bedürfen, ehe die Einrichtung zu einer erfolgreichen Tätigkeit gelangen wird. Die technischen Voraussetzungen zu einem Verbundbetrieb auf breiter Basis liegen schon jetzt vor, und in Anbetracht der ständigen Brennstoffknappheit, die in absehbarer Zeit nicht behoben werden kann, wäre zu wünschen, daß kein Wasser ungenutzt über die Wehre fließt. Denn letzten Endes bestimmt die Energiedarbietung den Lebensstandard eines Landes und im weiteren Sinne eines ganzen Kontinents. G.n.

schalten vor. Um die zweckmäßige Abgrenzung zwischen Trenn- und Leistungstrennschalter festlegen zu können, ist zunächst ein klares Bild erforderlich, welche Leistungen mit einem einfachen Trenner überhaupt noch bewältigt werden können.

Die heutigen Konstruktionen lassen sich in drei Gruppen einteilen. Die erste Gruppe umfaßt die ölarmen Leistungstrennschalter ohne besondere Maßnahmen zur Steuerung des Ölstromes, die zweite jedoch mit einer gesteuerten Ölströmung, während die dritte Leistungstrennschalter, die selbst erzeugte Druckluft als Löschmittel benutzen, einschließt.

Die einzelnen Schalterprinzipien haben je nach den zu schaltenden Anlagenteilen ihre Vorteile.

Da aus diesen Überlegungen heraus der Bedarf an Leistungstrennschaltern im Wachsen begriffen ist, erschien es notwendig, eine Prüfung der verschiedenen Typen unter gleichen Bedingungen im Netz vorzunehmen. Den Versuchen lag eine Abschaltleistung von 10 MVA bei 20 kV zugrunde, eine Leistung, die normalerweise im Netz nicht gefordert wird. Trotzdem erschien es zweckmäßig, eine etwas höhere Abschaltleistung bei den Versuchen zu wählen, da dadurch die Vor- und Nachteile der einzelnen Typen klarer in Erscheinung treten.

Das Resultat dieser Versuche ergibt etwa folgendes Bild:

Bei den ölarmen Leistungstrennschaltern ohne besondere Maßnahmen zur Steuerung des Ölstromes bringt die Bewältigung der Schaltleistung von 10 MVA schon Schwierigkeiten. Die elektrische Trennung erfolgt zwar noch einwandfrei, aber der Ölaustritt ist recht beträchtlich, wobei sich das Öl teilweise entzündet.

Die ölarmen Leistungstrennschalter mit gesteuerter Ölströmung beherrschen die an sie gestellten Forderungen einwandfrei.

Beiden Gruppen ist jedoch gemeinsam, daß die Kontaktöffnung nach oben erfolgt und daß dadurch gegebenenfalls die Gefahr des unbeabsichtigten Schließens möglich ist. Sie können insofern die Forderungen, die an die Sicherheit eines Trennschalters zu stellen sind, nicht ganz erfüllen.

Die Druckluft-Leistungstrennschalter werden sowohl den Anforderungen nach der Schaltleistung wie auch nach der Sicherheit bezüglich eines unbeabsichtigten Schließens voll gerecht.

Alle Leistungstrennschalter besitzen eine Schnellausschaltung, d. h. die Ausschaltung kann, wenn sie erst einmal eingeleitet ist, durch das bedienende Personal nicht mehr beeinflusst werden. Es erscheint daher notwendig, noch die Frage zu klären, ob nicht auch eine Schnelleinschaltung erforderlich ist, besonders im Hinblick auf die Möglichkeit des Zuschaltens der Leistungstrennschalter auf bestehende Kurzschlüsse.

Dipl.-Ing. H. Zaduk, Stud.-Ges. Berlin

Überspannungsschutz, insbesondere von Mittelspannungsnetzen

Die Gewitterforschung und die langjährigen Untersuchungen der Einwirkung von Blitzentladungen auf Hochspannungsanlagen haben zuverlässige Zahlenwerte über die Höhe, Steilheit, Dauer und Häufigkeitsverteilung der Gewitterüberspannungen und der Blitzströme geschaffen. Diese Zahlenwerte geben die Grundlage für die Ausführung gewittersicherer Hochspannungsanlagen und für die Bemessung betriebssicherer Überspannungsschutzgeräte.

Der einzige unmittelbare Überspannungsschutz ist der durch Erdseile, die in Verbindung mit entsprechend niedrigen Mast-erdwiderständen die Leitungen gegen Gewittereinwirkungen überhaupt abschirmen. Über den Schutzbereich von Erdseilen und Blitzableitern bestehen in der Literatur die verschiedensten Theorien, die sich auf statistische Unterlagen über Blitzschäden an Gebäuden, auf geometrische Betrachtungen und auf Modellversuche mit Stoßspannungen stützen. Der Vergleich mit praktischen Erfahrungen an Leitungen gibt einen Maßstab für die Beurteilung der verschiedenen Schutzraumtheorien. Die Grenzen für die Anwendung des Blitzschutzes durch Erdseile sind durch den Bereich der Netzspannungen gegeben, bei denen der normale Isolationspegel unterhalb der möglichen Höhe induzierter Gewitterüberspannungen liegt, oder bei denen der Aufwand

für die Verlegung eines Erdseiles und für das Erreichen des notwendigen niedrigen Erdungs-widerstandes wirtschaftlich nicht vertretbar ist.

Für den mittelbaren Überspannungsschutz stehen Überspannungsableiter mit spannungsabhängigem Widerstand und Rohrableiter zur Verfügung. Die Überspannungsableiter mit spannungsabhängigem Widerstand haben sich grundsätzlich gut bewährt, nur haben die Erfahrungen gezeigt, daß sie nach einer bestimmten Betriebszeit ausgebaut und nachgeprüft werden müssen. Die Entwicklung der Ableiter ist so weit fortgeschritten, daß auch größte Blitzströme mit Sicherheit abgeleitet werden können.

Die einfacheren Rohrableiter haben sich in Mittelspannungsnetzen in steigendem Maße eingeführt. Sie haben eine etwas höhere Stoßansprechspannung als die Ableiter mit Widerstand und leiten bei ihrem Ansprechen einen Erd- oder Kurzschluß im Netz ein, den sie aber selbstständig innerhalb bestimmter Stromgrenzen in 1—2 Halbwellen wieder löschen. Während Ableiter mit spannungsabhängigem Widerstand ohne weiteres an jeder Stelle im Netz eingebaut werden können, müssen die Rohrableiter für die an der Einbaustelle auftretenden minimalen und maximalen Kurzschlußströme bemessen sein. Die Grenze für die Anwendung von Rohrableitern ist durch die Abschaltleistung gegeben, die sie noch einwandfrei bewältigen.

Für die Ausführung der Leitungen in Mittelspannungsnetzen zeichnen sich im wesentlichen drei verschiedene Wege ab:

1. Eisenmastleitungen mit Erdseil und niedrigen Masterdwiderständen.
2. Holzmastleitungen mit Erdseil unter Ausnutzung des Holzes als zusätzlicher Isolation.
3. Holzmastleitungen ohne Erdseil mit entsprechendem Überspannungsschutz in den Stationen und evtl. Einbau von Rohrableitern in der Leitung an besonders einschlaggefährdeten Stellen zur Verhinderung von Mastansplittungen.

Dipl.-Ing. G. Reverey, Stud.-Ges. Ruit

Betriebsvorfall-Erfassung und Geräte zur Störungsklärung

Die Bearbeitung von außergewöhnlichen Betriebsvorfällen dient der Aufklärung entwickelter Netzvorgänge, der Auffindung von Fehlern, der an den Vorgängen beteiligten Anlagenteile und der Vermittlung der aus den Aufklärungsergebnissen gezogenen Erkenntnisse. Eine erfolgreiche Bearbeitung solcher Vorfälle setzt eine möglichst lückenlose formelle und meßtechnische Erfassung aller zeitlich damit verbundenen Betriebsvorgänge voraus.

Zwei Vorfälle aus dem Gebiet der äußeren und inneren Überspannungen dienen als Be-

merkenswerte Beispiele einer nur ungenügenden Betriebsvorfall-Erfassung und einer deshalb erschwerten Aufklärung oder nur angenähert richtigen Lösung. An diesen Beispielen wurden die Forderungen aufgezeigt, die an die Betriebsvorfall-Erfassung und die hierzu erforderlichen Meßeinrichtungen gestellt werden müssen.

Ein Überblick über die Meßgeräte zur Erfassung und Aufklärung von Betriebsvorfällen gab Aufschluß darüber, inwieweit sie diese Forderungen erfüllen und welche Vorzüge und Nachteile sie besitzen. Dabei wurde die grundlegende Wirkungsweise von in- und ausländischen Geräten behandelt, soweit sie im Hinblick auf die Erfassung der Überspannungshöhe, des Störungsablaufs und des Fehlerortes von Bedeutung sind.

Dipl.-Ing. F. Fertl, Stud.-Ges. Ruit

Zweck und Entwicklung der Netzmodelle

Durch die Vermaschung und den Verbundbetrieb der Hochspannungsnetze ist die rechnerische Untersuchung von Netzproblemen schwieriger oder unmöglich geworden. Man wird sich deshalb auch in Deutschland öfter als bisher für die Lösung solcher Probleme eines Netzmodells bedienen. Für Kurzschlußuntersuchungen und einfachere Aufgaben der Stromverteilung genügen die Gleichstrom-Netzmodelle. Für genauere Untersuchungen an Hochspannungsnetzen werden dagegen Wechselstrom-Netzmodelle benötigt, bei denen die Leitung durch Widerstände, Drosselspulen und Kondensatoren, die Umspanner durch Drosselspulen und die Generatoren durch Spannungsquellen nachgebildet werden, deren Spannung im Betrag und in der Phase geregelt werden kann. Die meisten amerikanischen und ausländischen Netzmodelle sind für 440—500 Hz gebaut. Ein Versuchsmodell ist für 10 000 Hz ausgelegt worden. Das Wechselstrom-Netzmodell der SSW und das österreichische Netzmodell sind dagegen für 50 Hz bemessen. Nachdem die mechanischen Gleichrichter, die unter der Bezeichnung Schwinggleichrichter und Vektormesser bekannt sind, verbessert wurden, werden voraussichtlich auch die von der AEG, SSW und der Studiengesellschaft geplanten Wechselstrom-Netzmodelle für eine höhere Frequenz ausgelegt werden. Die obere Grenze dürfte jedoch mit Rücksicht auf die mechanischen Gleichrichter bei 150—250 Hz liegen. Für die Beibehaltung von 50 Hz spricht nur der Vorteil, daß die in Frankreich entwickelten Mikromaschinen benutzt werden können, welche die mechanischen und elektrischen Eigenschaften der Turbogeneratoren möglichst genau nachbilden. Mit diesen Mikromaschinen können Stabilitätsprobleme unmittelbar untersucht und Pendelungen oszilographisch aufgenommen werden.

Energieübertragung mit hochgespanntem Gleichstrom

Auf Veranlassung des Elektrotechnischen Vereins sprach kürzlich an der Technischen Universität Berlin Dipl.-Ing. G. Dobke (AEG) über obiges Thema. Der Vortragende führte u. a. folgendes aus:

Die Entwicklung der Energieübertragung mit hochgespanntem Gleichstrom konnte in Deutschland nach dem Kriege nur in kleinem Maßstab und mehr in einer Sichtung der erarbeiteten Unterlagen weiterbetrieben werden. Dagegen sind die Arbeiten im Ausland, in der Schweiz und insbesondere in Schweden, weitergeführt worden. An Hand der zur Verfügung stehenden Ergebnisse wird ein Überblick über den Stand der Arbeiten gegeben.

Während bei der Drehstromübertragung über große Entfernungen das Stabilitätsproblem durch die Leitung erschwert wird, ist bei der Gleichstromübertragung die Stabilitätsgrenze von der Leistung unabhängig und nur durch die Wirkungsweise des Wechselrichters bestimmt. Ähnlich wie man bei der Drehstromübertragung durch schnellwirkende Schaltmittel Kurz- und Erdschlüsse auszuschalten bemüht ist, kann man auch beim Wechselrichter Schaltmaßnahmen über die Steuerungsapparatur ausführen und so leiten, daß Störungen infolge kurzzeitiger Spannungsschwankungen des speisenden oder gespeisten Netzes ohne merk-

lichen Einfluß auf die Energieübertragung ablaufen, und zwar in wenigen Millisekunden. Auf diese Weise besteht die Aussicht, das restliche Stabilitätsproblem für die Gleichstromübertragung zu lösen.

Die Entwicklungsarbeiten erforderten insbesondere für die Gefäßprüfung und das Sammeln von Erfahrungen in bezug auf das Verhalten von Übertragungsanlagen einen erheblichen Aufwand an Versuchsanlagen. Über diese und die dort gewonnenen Ergebnisse wird kurz berichtet.

Die Stromrichter mit ihrer Steuerung und den zusätzlichen Regeleinrichtungen haben schon feste Gestalt gewonnen, so daß eine Verwendung für kommerzielle Anlagen auf Grund der bisherigen Erfahrungen der AEG im Bereich der Möglichkeiten liegt. Eine Übersicht über die zur Diskussion stehenden Projekte zeigt, daß die Gleichstromübertragung zunächst dort Anwendung finden wird, wo eine Verkabelung notwendig ist. Neben dem Gotland-Projekt (1. Stufe 20 MW bei 100 kV) stehen Überseeanlagen im Vordergrund der Diskussion, wenn auch auf weitere Sicht der Einsatz der Gleichstrom-Hochspannungsübertragung bei Zubringung der skandinavischen Wasserkraft an das zukünftige europäische Verbundnetz aktuell bleibt.

Westeuropäische Elektrizitätsversorgung

Schon wenige Jahre nachdem die ersten 110- und 220-kV-Fernleitungen ihre Bewährungsprobe bestanden und den Nachweis des Transports großer Energiemengen über weite Entfernungen erbracht hatten, entstanden die Pläne einer europäischen Verbundwirtschaft.

Im Jahre 1930 veröffentlichte G. Viel¹⁾ einen Entwurf eines 400-kV-Netzes und Oliven²⁾ einen vielbeachteten Aufsatz über Europas Großkraftlinien.

Im westdeutschen Raum ging das RWE im Jahre 1929 auf eine Übertragungsspannung von 220 kV und ermöglichte einen Energieaus-

Um so wichtiger ist der weitere Ausbau der Wasserkrafts und ihre Eingliederung in eine gesamteuropäische Planung. Die Deutsche Verbundgesellschaft mit dem Sitz in Heidelberg, an der die sieben größten Versorgungsunternehmen Westdeutschlands beteiligt sind, beschäftigt sich mit der Planung eines 400-kV-Netzes, das zum Teil durch Umstellung der bestehenden 220-kV-Nord-Süd-Leitungen entstehen und durch Bau neuer Leitungen auf einer östlichen Trasse zu einem geschlossenen Ring vervollständigt werden soll (siehe Bild).

Der europäische Wirtschaftsrat veröffentlichte am 19. 12. 50 nach langen, technischen

Vorverhandlungen eine Empfehlung zur Gründung einer europäischen Verbundgesellschaft für die Erzeugung und den Transport von Elektrizität. Am 16. 2. 1951 erfolgte nunmehr am Sitz der OEEC in Paris die Gründung dieses neuen Verbandes, der den offiziellen Namen „Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Electricité en Europe“ trägt. Unter dem Vorsitz von Frankreich sind vorläufig nur die Regierungen Westdeutschlands, Belgiens, Luxemburgs, Hollands, Italiens, Österreichs und der Schweiz daran beteiligt.

Die wirtschaftliche Aufgabe des Verbandes besteht darin, zwischen den angeschlossenen Ländern einen Ausgleich in der Bereitstellung elektrischer Energie und eine bestmögliche Ausnutzung der Verteilungs- und Erzeugungsanlagen zu erzielen. Dazu ist es außer der Festlegung der Statuten notwendig, durch statistische Aufnahme die verfügbaren Elektrizitätsmengen zu erfassen, um eine Grundlage zur wirtschaftlichen und technischen Durchführung des angestrebten Verbundbetriebes zu schaffen. Die Verschiedenheit der Elektrizitäts-Wirtschaftssysteme der einzelnen Mitgliedsstaaten (z. B. Frankreich nationalisiert, Belgien frei) wird noch manche Schwierigkeiten bei der Verwirklichung dieser intereuropäischen Zusammenarbeit bringen. Ferner sind im Rahmen des Marshallplanes auch regionale Energiegemeinschaften zwischen den skandinavischen Ländern einerseits, der Türkei und Griechenland andererseits vorgesehen. Das Bild zeigt einen ersten Entwurf eines zukünftigen europäischen Verbundnetzes.

Die neue Union will den Wirkungskreis der schon bestehenden privaten Organisationen internationaler Struktur, nämlich der UNIPED und der CIGRE, nicht einschränken, sondern ergänzen und gegebenenfalls „autoritativ untermauern“.

Die Mitgliedstaaten müssen sich allerdings dazu bereit finden, alle auf dem Grundsatz nationaler Souveränität fußenden Hindernisse gegen einen freien Energieaustausch schrittweise aus dem Wege zu räumen und sich mit dem Gedanken eines ständigen Fortschreitens des wirtschaftlichen Zusammenschlusses zwischen den Ländern vertraut machen, der eine Aufgabe der nationalen Autarkie auf dem Gebiet der Elektrizitätserzeugung zur Folge hat. Nur durch zweckmäßigen Einsatz der jeweils billigst produzierenden Energiequellen, bestmögliche Ausnutzung aller Anlagen und Reserven wird eine ausreichende und sichere Versorgung gewährleistet und damit eine wirtschaftliche Konsolidierung und Erhöhung des Lebensstandards erreicht werden.

Prüfung elektrischer Geräte und Anlagen

Schon im Jahre 1920 wurde von dem durch das VDE-Zeichen bekannten Verband Deutscher Elektrotechniker eine Prüfstelle mit der Aufgabe gegründet, elektrotechnische Erzeugnisse zu prüfen und, soweit das Verbandszeichen dafür verliehen werden soll, in der Fertigung auf Einhaltung der VDE-Bestimmungen zu überwachen. Grundlegend für die Arbeiten der Prüfstelle sind die Satzung, Prüfordnung und Gebührenordnung. Auch gutachtliche Prüfungen, sogenannte Zeichenprüfungen, und Vorarbeiten für die technischen Aufgaben des VDE werden in der Prüfstelle ausgeführt. Ein Gutachten der VDE-Prüfstelle erstreckt sich nur auf ein Einzelgerät. Um einem Hersteller die Möglichkeit zu geben, nach den VDE-Bestimmungen hergestellte Erzeugnisse kenntlich zu machen, werden Zeichenprüfungen ausgeführt, die bei Erfüllung der Voraussetzungen dem Hersteller die Erlaubnis zur Führung des VDE-Zeichens geben, wenn die Betriebsstätten eine vorschriftsmäßige Fertigung ermöglichen und die Hersteller ihre Erzeugnisse selbst laufend durch sachgemäße Prüfungen überwachen.

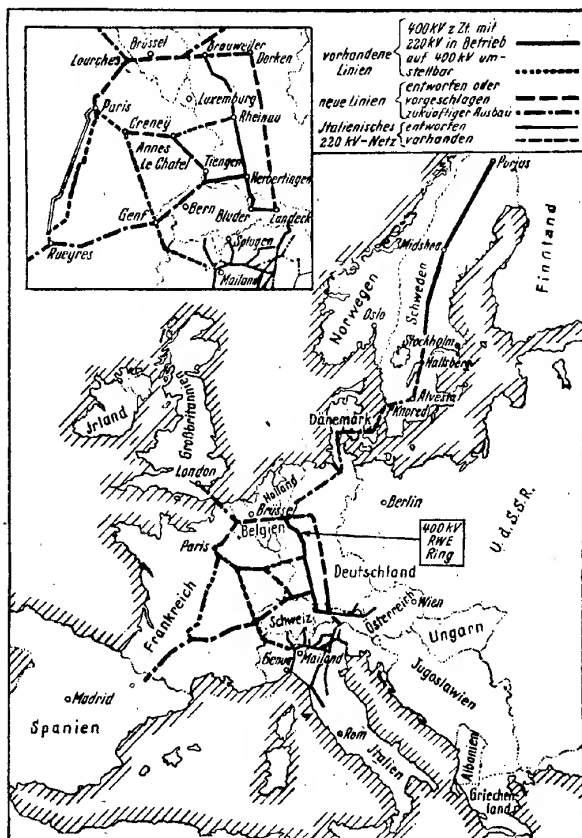
Dieses weltbekannte VDE-Zeichen dient zur Kennzeichnung der Güte von Installationsmaterial, Elektrowärmegegeräten, Haushaltsgeräten u. a. Für isolierte Leitungen wurden Kennfäden entwickelt; außerdem wurde für Leitungen mit Isolierhüllen aus thermoplastischen Kunststoffen, in die sich kein Kennfaden einlegen läßt, ein aufdruckbares, in Abständen wiederkehrendes VDE-Zeichen geschaffen. Diese Verbandszeichen sind als Warenzeichen beim Deutschen Patentamt in München eingetragen. Erzeugnisse, die jetzt mit einem solchen VDE-Zeichen versehen werden können, sind Leitungsschutzsicherungen und Steckvorrichtungen bis 200 A, 750 V, Schalter bis 60 A, 750 V, Verbindungsmaterial bis 750 V, Lampenfassungen, Leuchten, isolierte Leitungen für Starkstrom- und Fernmeldeanlagen, Installationsrohre, Kabelverfüßmassen, Elektrowärmegegeräten, Geräte mit Kleinmotoren, Elektrowerkzeuge, Kleintransformatoren, Fernmelde- und Rundfunkgeräte, Kondensatoren für Rundfunkgeräte und zur Entlastung elektromedizinischer Netzanschlußgeräte, Spannungssucher, galvanische Elemente und Batterien. Für Berlin ist die Elektrotechnische Prüfstelle Berlin zuständig. Anfragen in Westdeutschland erledigt die VDE-Prüfstelle, Frankfurt am Main, Osthafenplatz 6.

Wirkungsgradrekord im Ridgeland-Kraftwerk von Chicago

In Chicago wurde das neue Dampfkraftwerk als geschlossener Bau errichtet. Es bekommt im Endausbau 4 Maschineneinheiten von je 150 MW. Am 29. 10. 1950 wurde die erste Maschinengruppe in Betrieb genommen, und die zweite wird 1951 folgen. Für 1953 ist die Inbetriebnahme der dritten und vierten Maschineneinheit geplant. Die Kühlmöglichkeit der Kondensatoren ist durch den vorbeileitenden Kanal erleichtert. Die Dampfwerte des Werkes sind 127 kg/cm² und 564° C. Das Speisewasser wird fünfstufig auf 238° vorgewärmt. Im Betrieb wurde ein Wärmeverbrauch von 2571 kcal/kWh erreicht, und der Kesselwirkungsgrad beträgt bei Vollast 87,5%, der Eigenbedarf 7%. Zu jeder Turbine gehören zwei Kessel mit Zyklofenheizung für 330 t/h bei 133,5 kg/cm². Die Turbine besteht aus einem Hochdruckteil mit 13 Stufen und einem Generator für 50 MW, die unmittelbar gekuppelt sind und mit 3600 U/min laufen. Der Niederdruckteil hat 10 Stufen und ist mit einem Generator für 100 MW, 1800 U/min, unmittelbar gekuppelt. Jeder der beiden Generatoren des Maschinensatzes hat einen Leistungsfaktor von 0,85 und Wasserstoffkühlung. Die Generatoren haben 13,8 kV. Sämtliche Teile der Anlage werden von einer zentralen Warte aus überwacht. Das Werk hat über Transformatoren mit 69 kV Überspannung an das Hochspannungsnetz Anschluß. (Nach Electr. Light Power 29 [1951] Nr. 1, S. 76/82.)

Sperrholzrohre für Masten

Neuerdings werden in den USA Sperrholzrohre verschiedener Längen zum Bau von Hochantennen, Laternenmasten u. a. benutzt. Die einzelnen Rohre werden teleskopartig ineinander gesteckt. Auf diese Weise kann ein Mast von über 125 m Länge leicht von zwei Personen aufgebaut werden. Elektrische Leitungen können im Innern verlegt werden. Die Sperrholzrohre sind billiger als entsprechende Stahlrohre; sie werden durch einen wetterfesten Anstrich lange haltbar gemacht.



Erster Entwurf eines zukünftigen europäischen Hochspannungsverbundnetzes (Aus Technische Rundschau, Bern, Nr. 10 v. 9. März 1951)

tausch zwischen der thermischen Erzeugung auf der Braunkohle des Kölner und Ruhrbezirks einerseits und den Wasserkraften der Alpen und des südlichen Schwarzwaldes andererseits. Darüber hinaus bestehen heute Verbindungen aus dem Aachener Raum nach Holland und Belgien, über Trier-Landres und über Kembs nach Frankreich, ferner von den am Rhein gelegenen Laufwasserkraften in die Schweiz und nach Italien. Damit sind alle technischen Voraussetzungen für einen Energieaustausch zwischen den westeuropäischen Ländern gegeben. Einen beachtenswerten Beitrag zur europäischen Energieplanung hat das RWE in seiner Schrift „Großraum-Verbundwirtschaft“³⁾ geliefert.

Die Steinkohlenproduktion Westeuropas ist im Jahre 1950 mit einer Förderleistung von 557 Mill. t noch um 23 Mill. t hinter derjenigen des Jahres 1938 zurückgeblieben. Sie betrug nur 21/2% mehr als 1949. Trotz erheblicher Importe rechnet man für 1951 nur mit einer Steigerung des Verbrauches von kaum mehr als 5%. Der Engpaß liegt damit bei den Grundstoffen Eisen und Kohle, ohne die eine Vermehrung der gesamten industriellen Erzeugung nicht möglich ist.

¹⁾ G. Viel: Entwurf eines 400 000-V-Netzes, Revue générale de l'électricité, 8. 11. 1930.

²⁾ Oliven: Europas Großkraftlinien, ZVDI 1930.

³⁾ Großraum-Verbundwirtschaft 1948, Wetverlag, Essen-Kettwig.

Das Flammstrahlen

Von Dipl.-Ing. W. Eiserbeck, Knapsack, Bez. Köln

Mitteilung der Beratungsstelle für Autogen-Technik EV (BEFA), Knapsack

Das Flammstrahlen von Bauteilen aus Eisen und Stahl mit Spezialbrennern zum Zwecke des Entrostens ist in der letzten Zeit besonders im Ausland umfangreich angewandt worden. So ist die bekannte Golden-Gate-Brücke in San Franzisko 1951 auf diese Weise entrostet worden. In der Schweiz werden seit 1937 Eisenbahnwagen vor dem Neuanstrich flammgestrahlt. Auch in Deutschland besteht an diesem Verfahren seit einiger Zeit erhebliches Interesse. Jede stark angerostete oder mit Walzzunder oder mit einer Farbschicht versehene metallische Oberfläche kann mit dem Flammstrahl-

Verfahren die beste Oberflächenreinheit. Die starke Staubbildung erfordert Schutzmaßnahmen für den Arbeiter und für die in der Nähe befindlichen Maschinen. Das Verfahren wird dadurch verteuert, daß die gesamten Nebeneinrichtungen für das Sandstrahlgebläse zur Arbeitsstelle transportiert werden müssen, wenn man nicht den umgekehrten Weg einschlagen kann, die zu behandelnden Teile in einer ortsfesten Anlage zu reinigen.

Das Reinigen mit dem Preßlufthammer ist eine langwierige und geräuschvolle Arbeit, bei der die erzielte Reinheit sehr

teilweise aus den Rostschichten stammt, zu verbinden. Die hohen Verbrennungstemperaturen bewirken außerdem eine physikalische Austrocknung.

Zusammenfassend werden durch das Flammstrahlen folgende Wirkungen erzielt:

1. Ablösen des Rostes auf Grund der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten und der stärkeren Erwärmung der der Flamme näher liegenden Rostschichten.
2. Reduktion des Eisenhydrates zu Eisenoxyd durch Entzug des Wasserdampfes.
3. Reduktion der Eisen-Sauerstoff-Verbindungen durch Kohlenoxyd.
4. Trocknung der Oberfläche durch die Wärme der Flamme.
5. Teilweises Fortschleudern der Rückstände durch die Blaswirkung der Flamme.

Durch das folgende Abbürsten mit einer Stahlbürste, die zweckmäßig mechanisch angetrieben werden sollte, können die letzten Rückstände entfernt werden. Nach dem Bürsten und unmittelbar vor dem neuen Auftragen des Anstriches ist ein nochmaliges Bestreichen der Metalloberfläche mit dem Brenner zweckmäßig, um die in der Zwischenzeit niedergeschlagene Feuchtigkeit und den restlichen Roststaub zu entfernen. Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, den neuen Farbanstrich auf die noch etwa 30—40° heiße, völlig trockene Werkstückoberfläche aufzutragen.

Flammstrahlbrenner werden als Schlitz- oder Bohrbrenner in den verschiedensten Brei-

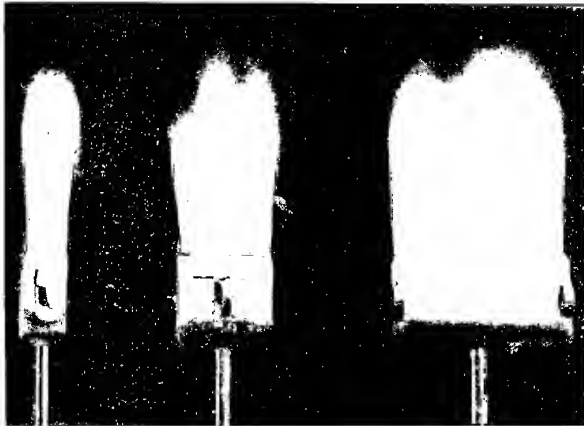


Abb. 1:
Flammstrahlbrenner
verschiedener Breiten

brenner unter Verwendung von Azetylen und Sauerstoff gereinigt werden, so daß die auftragende Schutzfarbschicht eine gute Haftung findet und damit ein ausreichender Korrosionsschutz sichergestellt wird. Die Rostschichten, die sich auf Eisenteilen nach mehr oder weniger langer Zeit bilden, bestehen aus Eisensauerstoffverbindungen verschiedener Zusammensetzung, hauptsächlich Eisenhydroxyd ($\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$), magnet Eisenoxyduloxyd (Fe_3O_4), Eisenoxydul (FeO) und Eisenoxyd (Fe_2O_3) mit wechselnden Wassergehalten. Das nicht chemisch gebundene Wasser begünstigt das Weiterrosten erheblich. Außer dem Rost können auf Bauteilen je nach den Verhältnissen verschiedenartige Korrosionsprodukte, Ablagerungen (Kesselstein) und Farbschichten unterschiedlicher Dicke vorkommen.

Bisher wurden derartige Bauteile mit folgenden Verfahren gereinigt:

1. Reinigen mit dem Sandstrahlen,
2. Reinigen mit dem Preßlufthammer,
3. Reinigen von Hand mit Spitzhammer und Bürste,
4. Abwaschen mit Beizen oder Laugen.

Das Reinigen mit dem Sandstrahl ergibt von den genannten, bisher bekannten

stark von der Sorgfalt des ausführenden Arbeitens abhängig ist. Das gleiche gilt für das Abklopfen mit dem Spitzhammer von Hand. Das Abwaschen mit Beize oder Lauge von großen Teilen wird nicht gern angewandt, weil die Gefahr besteht, daß die Beize nicht restlos entfernt werden kann, und das Bauteil dann einem verstärkten Korrosionsangriff ausgesetzt ist.

Bei dem Flammstrahlen wird die hohe Temperatur und die reduzierende Wirkung der Flammengase ausgenutzt, indem die Rostschichten auf Grund der unterschiedlichen Wärmeausdehnungsverhältnisse abplatzen und feine Rostreste in Vertiefungen und Ecken in metallisches Eisen zurückgewandelt werden. Die Azetylenflamme ist für diesen Arbeitsvorgang anderen Flammen, z. B. Leuchtgas-, Wasserstoff- und Propanflammen überlegen. Das Azetylen verbrennt mit dem zugeführten Sauerstoff in der ersten Stufe zu Kohlenoxyd und Wasserstoff. Hierbei entsteht eine Temperatur von annähernd 3100°C, und die reduzierende Wirkung ist daher besonders groß. In der zweiten Verbrennungsstufe suchen die bei der ersten Stufe entstandenen Gase sich mit dem Sauerstoff der Umgebung, der also teilweise aus der Luft und



Abb. 2: Flammstrahlen eines Behälterbodens. Rechts: Teilfläche nach dem Flammstrahlen und Abbürsten mittels Drahtbürste. Links: Unbehandelte stark verrostete Fläche.

ten zwischen 20—150 mm (Abb. 1) verwandt. Die Entrostungseinsätze sind so gefertigt, daß sie jeweils in die Griffrohre der Schweißbrenner passen. Bohrbrenner haben einen Gasverbrauch von etwa 220 l/h und cm Brennerbreite. Schlitzbrenner, die im übrigen leicht verschmutzen, haben Gasverbräuche bis zu 550 l/h und cm Brennerbreite.

Das Entrosten mit dem Flammstrahlbrenner ist einfach und kann daher auch von ungelernten

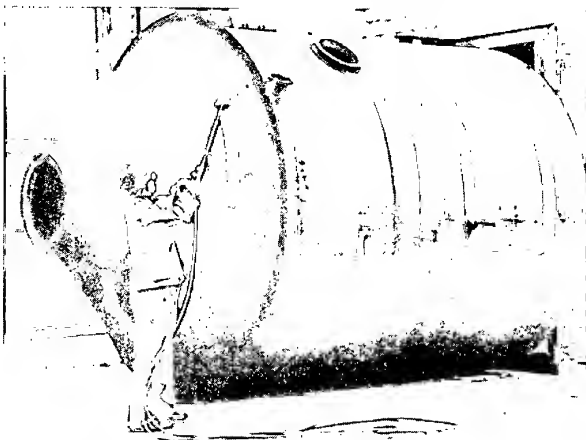


Abb. 3 (links): Flammstrahlen eines Stahlbehälters, Flammstrahlbrenner mit Verlängerungsstück — Abb. 4 (rechts): Oben: Behälterwand mit starker Rostbildung. Unten: Metallisch saubere Oberfläche, erzielt durch Flammstrahlen und Abbürsten mittels Drahtbürste

ten Arbeitern ausgeführt werden. Der Brenner wird nach dem Einstellen einer neutralen Flamme unter einem Winkel von etwa 60° zur Oberfläche des Werkstückes geneigt. Dabei hat die Brennerunterkante eine Entfernung von etwa 30 mm bis zur Werkstückoberfläche. Es kann notwendig werden, den Neigungswinkel zu verändern, z. B. in Kanten, Ecken, Winkeln und dergleichen.

Der Vorschub des Brenners soll bei einer Schicht, die aus Rost und Fanbe zugleich besteht, 2–3 m/min, bei einer einfachen Rostschicht 2,5 bis 3 m/min betragen. Ist der Vorschub zu gering, wird die zugeführte Wärmemenge zu groß und im Werkstück entsteht eine ungünstige Spannungsverteilung. Bei zu großem Vorschub können unbehandelte Stellen auf der Oberfläche zurückbleiben, und eine alsbald beginnende Unterrostung des neuen Schutzanstriches muß die Folge sein. Wird eine Oberfläche mehrmals mit der Flamme bestrichen, was besonders in hartnäckigen Fällen der Fall sein kann, muß dem Werkstück genügend Zeit zur Abkühlung gelassen werden. Die Flammstrahlwirkung kann unterstützt werden, wenn man die Rostschichten vor Beginn des Flammstrahlens anfeuchtet. Die Verdampfung des Wassers führt dazu, daß der Rost von der Oberfläche abgesprengt wird. Der Brenner soll nie ruhig an einer Stelle gehalten werden, sondern gradlinig über das ganze Werkstück hin und her bewegt werden. Nach dem Überfahren des Werkstückes wird die Oberfläche mit einer Drahtbürste von dem nun locker sitzenden Rost und vom Staub gereinigt (Abb. 2). Bei dickem Plattenrost empfiehlt es sich, vor Beginn des Flammstrahlens den Plattenrost durch Hammerschläge zum Abfallen zu bringen.

Bei einem Versuch wurde ein größerer Behälter ohne Gerüst oder Drehvorrichtung flammgestrahlt (Abb. 3). Die Verwendung eines Verlängerungsstückes ermöglichte es, auch größere Flächen von dem gleichen Standort aus zu behandeln. Die Oberfläche war mäßig verrostet und trug keinen Farbanstrich. Nach dem einmaligen Überfahren mit einem 100 mm breiten Brenner wurde eine metallisch glatte Oberfläche erzielt. Aus den deutlich erkennbaren Streifen wird die Arbeitsweise ersichtlich (Abb. 4).

Die Leistungsfähigkeit und die Kosten sind beim Flammstrahlen von einer Reihe von Faktoren abhängig. Sie richten sich nach der Art des Objektes (Vollwandträger, Fachwerk oder Behälter), nach dem Zustand und der Schichtdicke des Rostes und schließlich nach den Arbeitsbedingungen (Zwangslage, im Freien oder im Raum). Auf die Auswahl der richtigen Brennerbreite muß geachtet werden. Von der Gesamtarbeitszeit entfallen zwei Drittel auf die Flammzeit und ein Drittel auf das Abblättern.

Schrifttum:

Keel, Ztschr. „Schweißtechnik“ Nr. 6, 1941 „Metallsengen und Entrosten mit dem Schweißbrenner“.

Elektromagnetischer Probenehmer

Um den Anfall gleichmäßiger Produkte zu gewährleisten, sind regelmäßige Probeentnahmen aus dem laufenden Produktionsgang an möglichst vielen Stellen notwendig. Solche Proben von Hand zu entnehmen ist ungenau und überholt, seitdem es automatisch arbeitende Apparate gibt, die dem Materialstrom ganz

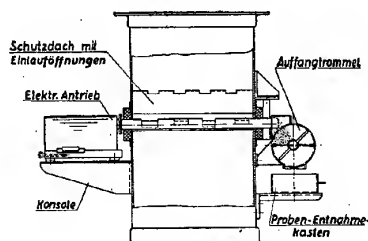


Abb. 1: Einbau eines Probenehmers in einen senkrecht abfließenden Materialstrom

Werkzeichnung: Haver & Boecker

kleine Mengen ohne Unterbrechung entziehen, die bezüglich ihrer Zusammensetzung einen absolut genauen Querschnitt des Fabrikates ergeben.

Ein neuer automatischer Probenehmer arbeitet mit einem elektromagnetischen Antrieb, hat also keine drehenden Teile und braucht des-

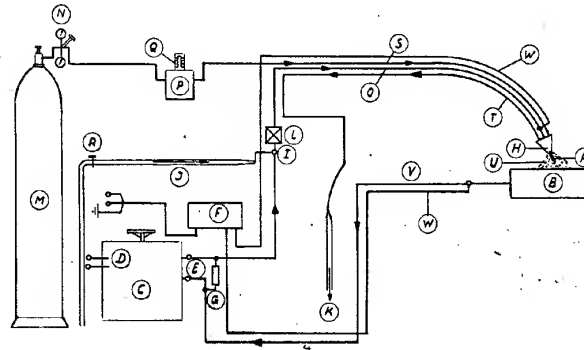
Argonarc-Schweißverfahren

Bei dem von der Linde Air Prod. Co., New York, entwickelten Verfahren wird zwischen einer Wolfram-Elektrode und dem zu schweißenden Werkstück ein Lichtbogen gezogen, um welchen Argon als inertes, inaktives Gas streicht und dadurch die Schweiße und den evtl. zugeführten Schweißdraht vor Oxydation schützt. Da auch der auf der Oberfläche befind-

99,8% von mehreren Linde-Auslieferungslagern geliefert. Das Gas ist vollkommen ungefährlich und unschädlich, so daß keine Schutz- oder Sicherheitsvorrichtungen erforderlich sind. An das Gasflaschenventil wird ein Argon-Druckminderer mit Feinstellventil angeschlossen, welcher den hohen Flaschendruck auf den Arbeitsdruck von 1–1,5 atü reduziert. An dem

Schalt-schema des Argonarc-Verfahrens

- A) Wolfram-Elektrode
- B) Werkstück
- C) Schweißtrafo
- D) Primäranschluß
- E) Sekundäranschluß
- F) Hochfrequenzinduktor
- G) Abschlußwiderstand
- H) Elektrodenzange
- I) Kühlwasserzulauf
- J) Wasserschlauch
- K) Kühlwasserablauf
- L) Sicherung
- M) Argonflasche
- N) Druckminderer
- O) Kabel
- P) Gasmengemesser
- Q) Ables-Skala
- R) Wasserhahn
- S) Gaszufuhr
- T) Wasserabfuhr
- U) Argon-Atmosphäre
- V) Massekabel
- W) Zündlitze



liche Metalloxydfilm zerstört wird, ist die Schweißbarkeit für alle NE-Metalle ohne Flußmittel gegeben, also ein gewaltiger Fortschritt! Das bedeutet, daß auch Vor- und Nacharbeiten für das Bestreichen und Entfernen des Flußmittels wegfallen und Korrosion nicht auftreten kann. Die saubere, glatte Naht braucht in den meisten Fällen nicht bearbeitet zu werden; die hohe Schweißgeschwindigkeit hat nur minimale Verwerfungen zur Folge und die Schweißverbindung gibt überraschend hohe mechanische Werte. Nichtrostende Stähle lassen sich besonders gut verschweißen, da kein Abbrand von Cr und Ni und keine Veränderung des Kohlenstoff-Gehaltes in der Schweiße eintritt. Der Zusatzdraht (wenn erforderlich) kann dieselbe Zusammensetzung wie der Grundwerkstoff haben.

Als Stromquelle dienen übliche Schweißumformer oder mit Hochfrequenz überlagerte Schweißtransformatoren, je nach zu verschweißendem Werkstoff. In die Schweißzange werden Düsen mit verschiedenen Bohrungen eingeschraubt, deren Abmessungen von den zu verschweißenden Elektroden abhängig sind. Die Elektroden, deren Durchmesser wiederum abhängig von der Stromstärke sind, werden in Längen von 75 oder 175 mm geliefert.

Das Argon wird in Stahlflaschen komprimiert auf 150 atü mit einem Inhalt von 1,5 oder 6 cbm in einer hohen Reinheit von mindestens

Feinstellventil kann die erforderliche Argonmenge feinstufig eingestellt werden. Das Argon streicht über ein Mengemeßgerät, z. B. Rotamesser, an welchem die erforderliche Argonmenge in Liter/min. abgelesen werden kann. Angaben über Argonverbrauch, Stromstärke und Schweißgeschwindigkeit bei Al und rostfreiem Stahl in Abhängigkeit von der Blechdicke können aus der Abb. 2 entnommen werden. Gas- und Wassersparer: Um bei Betriebsunterbrechungen nicht unnötigerweise Argon und Wasser zu verbrauchen, kann ein Schnellschlußventil mitgeliefert werden, welches das Argon und das Wasser sofort absperrt, sobald

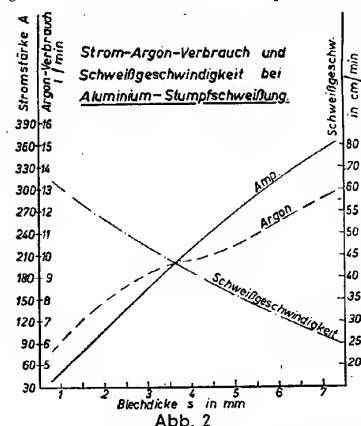


Abb. 2

Werkzeichnungen: Linde-Gesellschaft

die Schweißzange auf einen an diesem Ventil angebrachten Hebel aufgelegt wird.

Damit eine einwandfreie Schweißung mit Wechselstrom möglich ist, muß dieser mit Hochfrequenz überlagert werden. Das geschieht durch ein Linde-Zündgerät, welches außerdem das Zünden des Lichtbogens ohne Berührung mit dem Werkstück ermöglicht. Das Argonarc-Schweißen ist in allen Lagen, waagrecht, senkrecht, überkopf und für alle Verbindungsformen wie I-, Y-, V-, X-, Überlappt-, Bördel-, Eck- und Kehlnaht möglich. Da das Gewicht der Schweißzange nur etwa 400 g beträgt, ist eine Ermüdung des Schweißers fast unmöglich. Der Verbrauch der Wolfram-Elektrode ist minimal (etwa 3 mm/h) und auch der Verschleiß der Düsen ist sehr gering, so daß praktisch keine Unterbrechungen des Schweißvorganges eintreten.

Penicillin

ohne lebende Organismen

Die synthetische Herstellung von Penicillin auf rein chemischem Wege ohne Verwendung lebender Organismen ist kürzlich der Technischen Hochschule in Boston (USA) gelungen. Die neue chemische Verbindung soll alle strukturellen Eigenschaften des Penicillins aufweisen, wie der „Amerika-Dienst“ zu berichten weiß.

Lichtelektrisch gesteuerte Brennschneidmaschinen

Das vor kurzem entwickelte optische Anreiß-Verfahren vermag die sehr unwirtschaftlichen Nebenzeiten des Anreißens und Zuschneidens z. B. der Bleche ganz erheblich herabzusetzen. Auch die Ausgaben für Errichtung und Betrieb eines Schnürbodens fallen weg sowie die Holz- und Brennschablonen. Durch fotoelektrisches

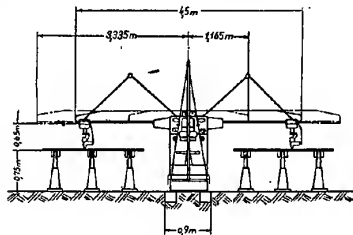


Abb. 1: Brennschneidautomat mit zwei Auslegern
Werkzeichnungen: Schichau

Abtasten von Linien kann jede beliebige Form geschnitten werden. Das Verfahren dürfte daher ziemlich allgemeiner Anwendung fähig sein, so z. B. auch bei der Konfektion zum Schneiden von Stofflagen.

Eine sehr bedeutungsvolle Anwendung ist bereits verwirklicht durch die vollautomatische

turen werden sichtbar. Bei der eigentlichen Arbeit fährt der Bediende auf der Maschine mit, er bleibt daher stets in Augenhöhe mit den beiden Werkzeugen. Sollen nur Markierungslinien oder Bohrungsmittelpunkte angezeichnet werden, so wechselt man die Brennwerkzeuge gegen Elektrokörner aus. Beim Überschreiten der Querschnitte mittels der Abtastoptik erfolgt dann vollautomatisch Kontakt und Ankören.

Die autogene Brennschneidmaschine hat doppelseitigen Arbeitsbereich. Dank dem Ausleger können über 2 Arbeitsflächen von 2 m Breite und 10 m Länge alle Kurvenformen abgefahren werden. Die Maschine läßt sich sowohl der Einzel- wie auch der Fließfertigung anpassen und ist den Anforderungen des rauen Werftbetriebes gewachsen. Es können alle Senkrechtwinkel oder kombinierten Brennschnitte damit ausgeführt werden. Durch laufendes Nachdrehen des schräggestellten Werkzeuges können Fasenschnitte in jeder Kurvenform gemacht werden. Während des Betriebes kommt ein Nachstellen von Hand nicht mehr in Frage. Die Konstanzhaltung des Düsenabstandes zur Stahlplatte wird durch eine elektrische Höhenabstufung gewährleistet. Vor Arbeitsbeginn werden die Werkzeuge durch Handsteuerung in ihre Ausgangsstellung gefahren. Nach Vorwärmung wird über Schnellverschlüsse der Sauerstoff freigegeben und die Maschine in Bewegung gesetzt. Sobald das Brennwerkzeug in die Nähe der Schneidkante kommt, wandert ein Zeiger der Steuerung an den Be-

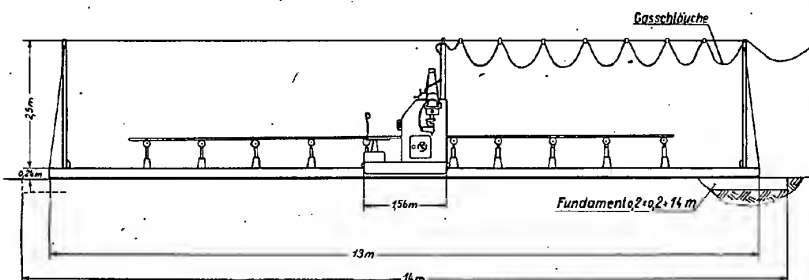


Abb. 2: Der Brennschneidautomat vor einer auf Auflageböcken liegenden Stahlplatte

arbeitende Brennschneidmaschine, die zur rechten Zeit kommt, um bei dem Wiederbeginn des deutschen Schiffbaus manche Arbeit zu vereinfachen und Anlagekosten zu sparen. Die Maschine hat im Steuerpult ein Abtastlicht, mit dem die Zeichnung als kleines Negativ abgetastet wird. Ein Lichtpunkt gibt dabei durch mechanische Kopplung stets die Stellung der Werkzeuge zum Werkstück an, so daß man die Arbeit der Brenner ständig vor Augen hat.

Die erforderlichen Zeichnungen werden im genauen Maßstab 1:10 angefertigt, so daß sich bei 10 m Blechlänge und 2 m Blechbreite eine Zeichnung von 1x0,2 m ergibt. Sie müssen auf weißer, nach beiden Richtungen hin verzugsfreier Zellhaut mit schwarzer Anstrichmasse gezeichnet werden. Die Strichstärke kann 0,2—0,5 mm betragen. Zum Ankören oder Markieren, wozu die Maschine auch verwendet werden kann, werden nur kleine Querlinien senkrecht zur Führungslinie mitgezeichnet. Da die Blechtafeln gegen Anschläge gelegt werden, müssen auf den Zeichnungen auch die Mitten-Markierungen mitgezeichnet werden. Die Zeichnung wird dann um das Zehnfache verkleinert und das Negativ von 4,5x12 cm ist für die eigentliche Arbeit die einzige Arbeitsvorlage. Es wird in eine Kassette und mit dieser durch ein Einblickfenster in die Maschine gelegt, wobei Rastmarken die richtige Lage gewährleisten. Beim Einschalten wird das Negativ von unten beleuchtet und die Brennkön-

reich der Automatik. Alsdann ist der darunter liegende Hebelhalter von der Stellung Hand auf Automatik umzuschalten. Damit werden die Brennwerkzeuge zwangsläufig, tangential einlaufend, an ihre Schnittlinien herangeführt. Damit hat der Bedienungsmann, der keine besondere Fachkraft zu sein braucht, seine Arbeit getan und die Maschine läuft nunmehr vollautomatisch die, durch das Negativ bestimmten Schneidwege ab.

Nach einem ähnlichen Grundprinzip arbeitet die Universal-Brennschneid-



Abb. 3: Ansicht der automatischen Brennschneidmaschine

maschine der Abb. 5, bei der mit einer Lichtkreuzsteuerung auch vollautomatische Schnitte durchgeführt werden können. Die über der Zeichnungsfläche angeordnete Optik behindert das Auge in keiner Weise bei der Steuerung. Es ist auch ein Arbeiten mit Eisen-schablonen und Magnetrolle für vollautoma-

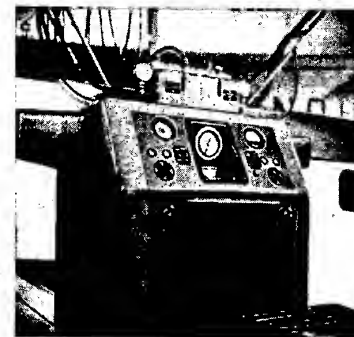


Abb. 4: Das Steuerpult der automatischen Brennschneidmaschine

tische Schablonenschnitte möglich. Die Magnetrolle wird mit Gleichstrom von 220 Volt betrieben, wofür ein Gleichrichter eingebaut ist, so daß nur Wechselstrom von 220 Volt dafür erforderlich ist. Gegenüber der zuerst beschriebenen Spezial-Schneidmaschine braucht man für Schnitte nach Zeichnungen allerdings eine Zeichnung aus sehr breiten Strichen. Diese Maschine wird in 2 Größen für Schnitte von 1500x3000 mm und von 2x3 m hergestellt. Sie hat einen verwindungsfreien Laufwagen mit eingebauten Schaltschützen und Gleichrichter für Magnetroller, außerdem eine stabile, gegossene Laufbahn mit Prismenführung. Die Schnittgeschwindigkeit wird stufenlos geregelt und durch einen Tachometer kontrolliert. Von 3 Stellen her kann diese Universal-Maschine mittels Druckknopfs bedient werden.

Hochleistungs-Hände- und Gesichtstrockner

Eine Berliner Firma hat ein neues Trockengerät entwickelt, mit dem man sich auch das Gesicht trocknen kann. Der Trockner nimmt wenig Platz ein. Durch zwei kräftige Warmluftströme werden die Hände in 25 bis 30 Sek. trocken. Die Ein- und Ausschaltung geschieht durch einen Hand- oder Fußschalter. Der Luftstrom wird durch ein Filter gereinigt. Die Leistungsaufnahme beträgt nur 1,8 kW. +

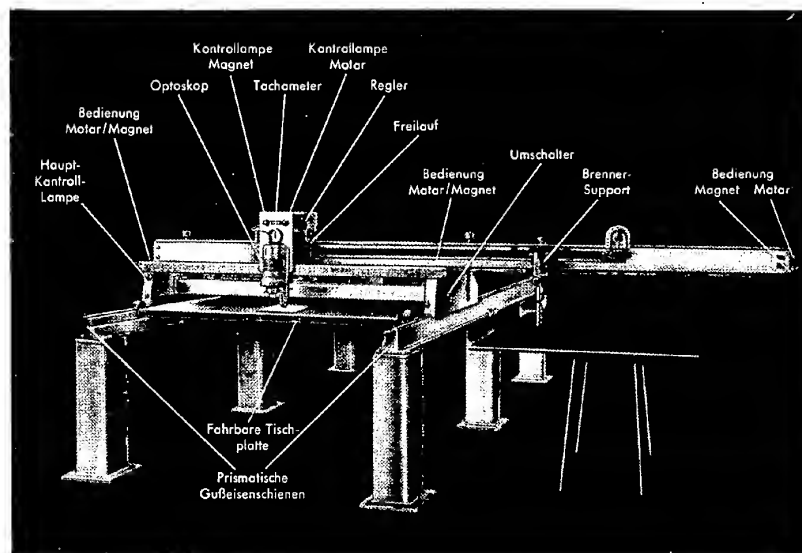
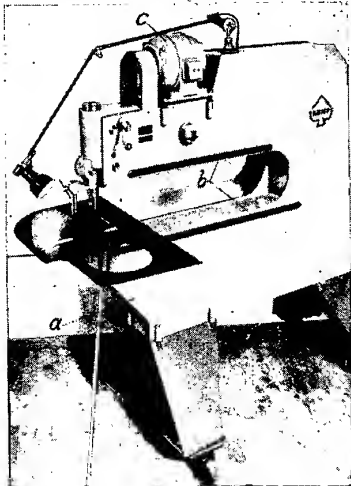


Abb. 5: Universal-Brennschneidmaschine

Werkfoto: A. Messer

Neue, vielseitig verwendbare Maschine

Die im Bild wiedergegebene Aushau- und Kurvenschere mit den zusätzlichen Sondereinrichtungen ist vielseitig anwendbar. Außer zum Schneiden von Blechen, zum Nibbeln, Sicken und Absetzen kann sie auch für komplizierte Innenausschnitte an dünnen Blechen, bei denen keinerlei Verformung zulässig ist, eingesetzt werden. Die Schere schneidet ohne Vorlöchen mitten aus dem Blech beliebige, auch kompli-



Neue Aushau- und Kurvenschere

Werkfoto: Trumpf & Co.

zierte Formen sowie Scheiben und Ringe bis 5 mm Blechstärke. Weiter besäumt und beschneidet sie Blech gerade oder in beliebigen Innen- und Außenkurven, trennt und zerteilt Blechtafeln. Da sie außer Eisen-, Stahl- und NE-Metall-Blechen auch rostfreie Bleche sowie Pressspan, Vulkanfieber usw. schneidet, kommt ihr speziell auch für die Werkstätten des Apparatebaus große wirtschaftliche Bedeutung zu.

Der Maschinenkörper —a— besteht aus starren, bruchstarken, aus zwei durch Zwischenstücke miteinander verschweißten, SM-Stahlplatten, der besondere Gleitschienen —b— zur Aufnahme der verschiebbaren und in jeder Lage feststellbaren Rundschnide- und Geradeschnide-Einrichtungen besitzt. Ober- und Untermesser der Maschine sind auf einfache Weise nachstellbar, wodurch ein gleichbleibend guter, sauberer Schnitt auch bei mehrmaligem Nachschleifen gewährleistet ist. Das Obermesser wird mittels Kurbel gehoben und gesenkt, so daß man also ohne Vorlöchen mitten aus dem Blech schneiden kann. Das untere feste Messer wird quer zum beweglichen Messer befestigt und verstellt, so daß ein schnelles Einstellen des zum Schneiden verschiedener Blechstärken

erforderlichen Luftspaltes zwischen den beiden Messern möglich ist. Die wenigen, einfachen Bedienungselemente sind griffgerecht angeordnet, wodurch im Zusammenhang mit der guten Sicht auf die Schnittlinie ein sicheres Arbeiten gewährleistet wird. Der Antrieb der Maschine erfolgt von 2-PS-Motor —c— durch Keilriemen auf ein Spezialgetriebe. Die Keilriemen können leicht nachgespannt werden. Alle beanspruchten und laufenden Teile sind staub- und zunderdicht untergebracht. Die Schmierung erfolgt durch eine Zentral-Schmereinrichtung. Die Maschine wird in verschiedenen Größen hergestellt. Die Abbildung zeigt die Type mit einer Schnittleistung bis 6 mm Eisenblech im Dauerbetrieb bei 40 kg/mm² Festigkeit. Ferner betragen die Ausladung 1050 mm, der kleinste Ronden Durchmesser 82 mm, die Schnittzahl pro Minute ca. 1200 und das Gewicht der Maschine ca. 735 kg. Ke.

Schrifttum

Der Stahlbau- und Blechschlosser von Gewerbelehrer Ing. Jos. Bender und Ing. Jos. Hoendgen, Teil 2: Abwicklungen für Fortgeschrittene. Ferd. Dümmers Verlag, Bonn, 1951. 79 S., 253 Fig. DIN A 5, Preis 3,80 DM.

Das Buch ist eine Erweiterung und Fortsetzung des Abschnitts „Abwicklungen“ aus dem Teil I „Fachzeichnen, Abwicklungen, Fachrechnen“. Aus der Praxis für die Praxis werden im Teil II Abwicklungen mit sich steigernden Schwierigkeiten gebracht. Anweisungen und Erläuterungen sind klar verständlich. Den Schüler macht Teil II mit schwierigen Konstruktionen vertraut und regt ihn zur Vertiefung seines Fachwissens und Könnens an. Das Buch ermöglicht es, die wichtigsten arbeitstechnischen Vorgänge und allgemein fachkundlichen Belehrungen unter Verwendung der Zeichnungen mit den Schülern zu erarbeiten.

„Deutsche Verbrennungsmotoren“ Produktionsprogramm 1951

Die Fachgemeinschaft Kraftmaschinen des Vereins Deutscher Maschinenbau-Anstalten e. V., Frankfurt a. M., Barkhausstraße 16, hat eine Übersicht über das derzeitige Produktionsprogramm der westdeutschen Verbrennungsmotorenindustrie mit Herstellerverzeichnis und Typentafeln für Diesel-, Otto- und Gasmotoren herausgebracht. Die Übersicht ist viersprachig gehalten und gestattet ein schnelles Auffinden der interessierenden Typen und Bezugsquellen. Preis DM 6,—.

Das Fachwissen des Metallgewerblers von Gewerbelehrer Ing. F. Diefenbach, Teil 2: Maschinenkunde. Ferd. Dümmers Verlag, Bonn, 1951. 202 S., 176 Abb., DIN A 5, Preis 5,80 DM.

Diefenbach II umfaßt folgende Stoffgebiete: a) spanabhebende Werkzeugmaschinen (formändernde Arbeitsmaschinen), b) ortsändernde

Das „Symetric-Auto“

Auf der Genfer Automobil-Ausstellung wurde durch die Gebrüder Loubière — zwei Franzosen — ein ganz neuartiges Automodell vorgeführt. Es besitzt keine Türen. Dafür können durch eine elektrisch-automatische Vorrichtung sowohl Fenster als auch die Seitenplatten, unter das Dach bzw. den Boden des Wagens gezogen werden. Die ganze Karosserie besteht aus Glas und Leichtmetallplatten, die man auswechseln kann. An den Radgabeln angebrachte Elektromotoren treiben das Fahrzeug an. Die erforderlichen 36 PS werden von einem Dynamo erzeugt, der von einem gewöhnlichen 1200 ccm Benzinmotor betrieben wird. Das Auto, das nur 17 Zentner Eigengewicht hat, kennt weder Getriebe noch Hinterachse. Auch Kupplung und Gangschaltung sind ihm fremd. Dabei kann es acht Personen befördern und soll eine Geschwindigkeit von über 100 km/h erreichen. J. M.

Arbeitsmaschinen (Hebzeuge, Pumpen), c) Kraftmaschinen (Antriebsmaschinen). Das in der Reihe „Dümmers Fachbücherei“ erschienene Buch dient zur Erarbeitung der Lehrstoffe, ersetzt zeitraubende Niederschriften und Tafelzeichnungen und ermöglicht dem Schüler eine systematische Wiederholung und Durcharbeitung zu Hause.

Auswahl, Aufbau und Darstellung sind den Erfordernissen der Berufsschule angepaßt. Der Stoff ist aber so weitgehend behandelt, daß sich das Fachbuch auch für Fortbildungs- und Meisterkurse eignet. Die Berufsschüler werden zu vertiefendem Weiterstreben angeregt.

ISA-Passungstafel DIN 7154/55

DIN 7154, Bl. 1: Passungen für Einheitsbohrung, Toleranzfelder und Nennabmaße; Bl. 2: Passungen für Einheitsbohrung, Paßtoleranz (Spiele und Übermaße). DIN 7155, Bl. 1: Passungen für Einheitswelle, Toleranzfelder und Nennabmaße; Bl. 2: Passungen für Einheitswelle, Paßtoleranz (Spiele und Übermaße). Herausgegeben vom Deutschen Normenausschuß, Normformat A3 (auf A4 gefalzt), fünffarbig, Berlin W 15 und Köln 1950, Beuth-Vertrieb GmbH, Blattpreis 3,50 DM zuzüglich Versandkosten.

Vorstehende Normblätter sind soeben im Normformat A3 erschienen. Blatt 1 enthält jeweils eine Darstellung der Toleranzfelder und die Nennabmaße für diese Toleranzfelder. Blatt 2 stellt jeweils die Paßtoleranzfelder dar und bringt die Zahlenwerte für die Spiele und Übermaße. Die Vorderseiten der Blätter 1 und 2 zeigen die Paarungsmöglichkeiten für die Einheitsbohrungen H6, H7, H8 bzw. für die Einheitswellen h5, h6, h8 und die Rückseiten die Paarungsmöglichkeiten für die Einheitsbohrungen H9, H10, H11, H12, H13 bzw. für die Einheitswellen h9, h10, h11, h12, h13.

Die Normblätter sind in ähnlicher Weise wie die zurückgezogenen Normen DIN 7165 und DIN 7166 gedruckt. Alle Toleranzfelder und Passungen sind entsprechend der Passungsauswahl nach DIN 7157 farbig hervorgehoben mit unterschiedlichen Farben für die drei Auswahlen. Die Nennabmaße der Ausschnittseite wurden rot, die Spiele grün gedruckt.

Die Passungstafeln sind wertvolle Arbeitsunterlagen für jeden, der mit Toleranzen und Passungen zu tun hat, da sie übersichtlich alle gebräuchlichen und vorzugsweise zu verwendenden ISA-Toleranzen und -Passungen zusammenfassen. Die neu aufgenommenen Zahlenwerte für die Spiele und Übermaße erleichtern passungstechnische Überlegungen und ersparen Rechenarbeit.

DRUPA-Sondernummer des POLYGRAPH. Herausgegeben vom Polygraph Verlag GmbH, Frankfurt a. M., über 160 Seiten, reich illustriert, Preis 2,— DM.

Aus Anlaß der „Internationalen Messe für Druck und Papier“ in Düsseldorf gab die Fachzeitschrift „DER POLYGRAPH“ eine DRUPA-Sondernummer heraus, die den Leser mit den Beziehungen zum Ausland, mit neuen Errungenschaften und mit den zu erwartenden Überraschungen der DRUPA bekanntmacht. In anschaulicher Weise wird an Hand von vielen Skizzen, Tabellen und Illustrationen nicht nur dem Fachbesucher viel Neues und Wertvolles für sein künftiges Schaffen gegeben, auch der Laie oder lediglich graphisch Interessierte wird einen tiefen Einblick in das weitverzweigte Gebiet des Druckgewerbes erhalten, somit wird dieses Heft in den beteiligten Kreisen lebhaftes Interesse finden.

Buchungsmaschine mit Einheitstastatur

Die Buchungsmaschine mit Einheitstastatur besitzt ein zeilmittelliges Einstellwerk und ein eifeltelliges Resultat- bzw. Druckwerk. Sie rechnet unter Null, wirft ohne Leerzug die Zwischen- und Endsummen aus und bewirkt nach dem Abdruck des Resultats automatischen Zweizeilensprung. Dabei gestatten die motorisierten Funktionstasten ein schnelles und bequemes Arbeiten. Zusätzlich sind erhöht und griffreicher 4 Motortasten angeordnet für Horizontal- und Vertikalarbeit, Überspringen von Kolonnen sowie Wagenrücklauf in die Anfangsstellung oder in eine bestimmte Kolonne. Ohne daß die Rechenfähigkeit beeinträchtigt wird, können außerdem bis zu 10 Tasten eingebaut und mit Buchungsbezeichnungen bis zu je 6 Buchstaben versehen werden. Auswechselbare Steuerbrücken mit Kolonnen- und Funktionsreihen steuern den Datumdruck, Addition und Subtraktion und Nichtaddition im Saldierwerk und die Niederschrift von Zwischensaldo und Saldo ohne Leerzug selbsttätig. Die Buchungsmaschine besitzt einen Vorsteckwagen mit 31 bzw. 45 cm breiter Walze, bei dem sich die Vorsteckeinrichtung beim Wagenrücklauf automatisch öffnet und mit Beginn des ersten Arbeitsganges schließt. Die Zeilenschaltung ist für 1, 2 und 3 Zeilen eingerichtet. Außerdem ist eine senkrechte Zeilenschaltung für die Verti-

kaltaste für 1, 2 und 3 Zeilen vorhanden. Walzenfreilauf, Einrollendruckwerk und Billingzahlen (Typenabstand 3,9 mm) vervollständigen die technische Ausstattung dieser Ma-



Werkfoto: Kienzle Apparate GmbH

schine, deren Leistungen und vielseitige Anwendungsmöglichkeiten durch Auswechseln der Steuerbrücken auf andere Arbeiten für Buchhaltung, Lohnbüro, Lager, Statistik usw. gesteigert werden können.

**GENERATOREN
ELEKTRO-MOTOREN
FÜR GLEICH-U.
DREHSTROM
ALLE SPEZIAL-
AUSFÜHRUNGEN**



**RHEINISCHE ELEKTRO-MASCHINENFABRIK
G.M.B.H.
KREFELD**

**F&G
DRAHTSEILE**



**F&G
NEPTUN**

**FELTEN & GUILLEAUME CARLSWERK
EISEN u. STAHL AG KÖLN-MÜLHEIM**
Größte und älteste Drahtseilfabrik des Kontinents

KAJOCO

Leuchtröhrenleitungen

**KABELWERK WAGNER
KOM.-GES.
WUPPERTAL-NÄCHSTEBRECK**

KABELWERK DUISBURG

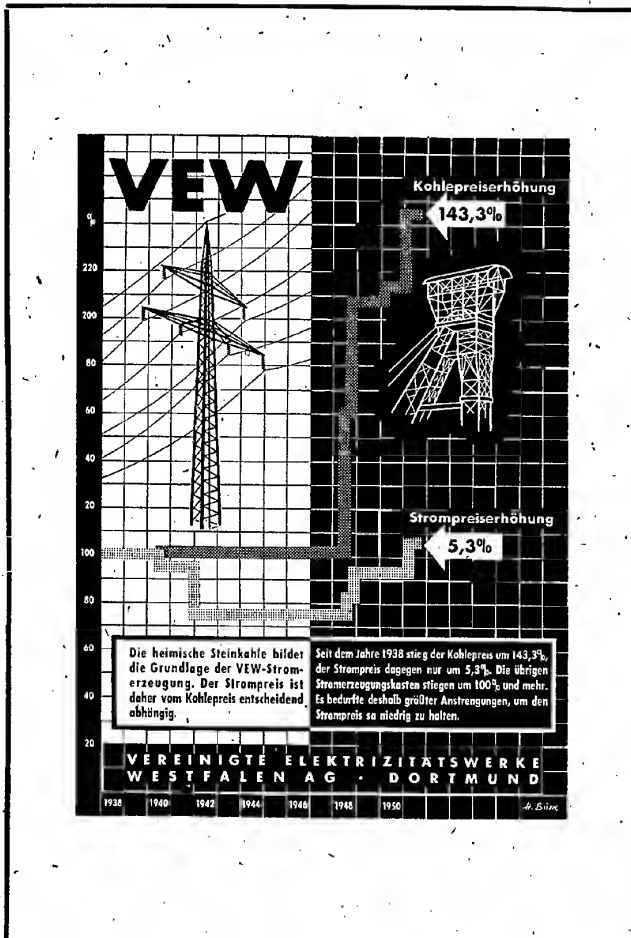
IKO DUISBURG IKO

Starkstrom-Bleikabel, Fernmelde-Bleikabel
Kabelgarnituren für Stark- und Schwachstromkabel
Kabelverteilungs-Kästen und -Schränke
Kupfer-Lackdrähte - Isolierte Stark- und Schwachstrom-Leitungen
Kabelsätze für die gesamte elektrische
Ausrüstung von Motorfahrzeugen
Abgepaßte Leitungen für alle elektrischen Apparate
Verbleite Isolierrohre

**KABELWERK
VOHWINKEL**



**KABELWERK VOHWINKEL
AKTIENGESELLSCHAFT
WUPPERTAL-VOHWINKEL**





**SEE- UND RHEINHAFEN
ANTWERPEN**

LEISTUNGSFÄHIGER UMSCHLAGPLATZ
FÜR WEST- UND SÜDDEUTSCHLAND
240 SCHIFFFAHRTSLINIEN

ROUTE YOUR GOODS VIA THE
PORT OF ANTWERP
NATURAL GATEWAY TO AND FROM
THE WORKSHOPS OF EUROPE

„Fluch des Kohlenexportsystems“

"IHK" Markt- und Börsendienst

Gewinnmitnahmen lassen nach

Düsseldorf: Leicht erhöht

Nach dem etwas gedrückten Wochenabschluß war der Montag, wieger, von einer besseren Haltung geprägt. Der Anstieg der Aktienkurse wurde durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht.

Hannover: Nicht ganz einheitlich

Die Stimmung am Montag-Börsen war nicht ganz einheitlich. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht.

München: Ruhig

Das Geschäft hat sich im Vergleich der letzten Wochen etwas beruhigt. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht.

Hamburg: Freundlicher

Gegenüber dem Wochenabschluß war der Aktienmarkt am Montag ein wenig freundlicher. Der Anstieg wurde durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht.

Frankfurt: Freundlich

Die Aktienmärkte eröffneten die neue Woche mit alledem kleiner gewordenen Geschäft. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht.

Rhein-Westf. Börse D. dorf

Ind.-Aktien	11.6.	8.6.
Accu. Hagen	64	64
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32

Hanseet. Wertpapierbörse Hamburg

Ind.-Aktien	11.6.	8.6.
Accu. Hagen	64	64
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32

Frankfurter Effektenbörse

Ind.-Aktien	11.6.	8.6.
Accu. Hagen	64	64
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32

Stuttgart: Ruhig

Die Montag-Börsen verkehrte bei kleinem Umsatz. Der Anstieg wurde durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht.

München: Ruhig

Das Geschäft hat sich im Vergleich der letzten Wochen etwas beruhigt. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht.

Weitere Kurserwartungen in Berlin

Die Verhandlungen über die Möglichkeit einer Währungsreform der Reichsmark sind in der letzten Woche in Berlin fortgesetzt worden. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht.

Rhein-Westf. Börse D. dorf

Ind.-Aktien	11.6.	8.6.
Accu. Hagen	64	64
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32

Hanseet. Wertpapierbörse Hamburg

Ind.-Aktien	11.6.	8.6.
Accu. Hagen	64	64
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32

Frankfurter Effektenbörse

Ind.-Aktien	11.6.	8.6.
Accu. Hagen	64	64
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32

Die Montag-Börsen verkehrte bei kleinem Umsatz. Der Anstieg wurde durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht.

Lebhafter Handel in Giowerten

Am 11. Juni 1951. Die Umstände in Giowerten und Zettlingen sind sehr lebhaft. Der Handel ist sehr lebhaft. Der Handel ist sehr lebhaft. Der Handel ist sehr lebhaft.

Am 11. Juni 1951

Die Montag-Börsen verkehrte bei kleinem Umsatz. Der Anstieg wurde durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht.

Weitere Kurserwartungen in Berlin

Die Verhandlungen über die Möglichkeit einer Währungsreform der Reichsmark sind in der letzten Woche in Berlin fortgesetzt worden. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht.

Rhein-Westf. Börse D. dorf

Ind.-Aktien	11.6.	8.6.
Accu. Hagen	64	64
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32

Hanseet. Wertpapierbörse Hamburg

Ind.-Aktien	11.6.	8.6.
Accu. Hagen	64	64
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32

Frankfurter Effektenbörse

Ind.-Aktien	11.6.	8.6.
Accu. Hagen	64	64
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32

Terminnotierungen vom 8. Juni

Waren	Termin	Preis
Wheat	1951-52	12.00
Wheat	1952-53	12.00
Wheat	1953-54	12.00
Wheat	1954-55	12.00
Wheat	1955-56	12.00
Wheat	1956-57	12.00
Wheat	1957-58	12.00
Wheat	1958-59	12.00
Wheat	1959-60	12.00
Wheat	1960-61	12.00

Lebhafter Handel in Giowerten

Am 11. Juni 1951. Die Umstände in Giowerten und Zettlingen sind sehr lebhaft. Der Handel ist sehr lebhaft. Der Handel ist sehr lebhaft. Der Handel ist sehr lebhaft.

Am 11. Juni 1951

Die Montag-Börsen verkehrte bei kleinem Umsatz. Der Anstieg wurde durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht.

Weitere Kurserwartungen in Berlin

Die Verhandlungen über die Möglichkeit einer Währungsreform der Reichsmark sind in der letzten Woche in Berlin fortgesetzt worden. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht.

Rhein-Westf. Börse D. dorf

Ind.-Aktien	11.6.	8.6.
Accu. Hagen	64	64
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32

Hanseet. Wertpapierbörse Hamburg

Ind.-Aktien	11.6.	8.6.
Accu. Hagen	64	64
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32

Frankfurter Effektenbörse

Ind.-Aktien	11.6.	8.6.
Accu. Hagen	64	64
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32

Loco-Preise

Waren	Preis
Wheat	12.00
Wheat	12.00
Wheat	12.00
Wheat	12.00
Wheat	12.00
Wheat	12.00
Wheat	12.00
Wheat	12.00
Wheat	12.00
Wheat	12.00

Lebhafter Handel in Giowerten

Am 11. Juni 1951. Die Umstände in Giowerten und Zettlingen sind sehr lebhaft. Der Handel ist sehr lebhaft. Der Handel ist sehr lebhaft. Der Handel ist sehr lebhaft.

Am 11. Juni 1951

Die Montag-Börsen verkehrte bei kleinem Umsatz. Der Anstieg wurde durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht. Die Aktienkurse wurden durch den Anstieg der Rohstoffe und die Gewinnmitnahmen in den Aktienmärkten verursacht.

Rhein-Westf. Börse D. dorf

Ind.-Aktien	11.6.	8.6.
Accu. Hagen	64	64
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32

Hanseet. Wertpapierbörse Hamburg

Ind.-Aktien	11.6.	8.6.
Accu. Hagen	64	64
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32

Frankfurter Effektenbörse

Ind.-Aktien	11.6.	8.6.
Accu. Hagen	64	64
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32
Accu. Hagen	33	32
Accu. Krefeld	33	32

1) 00-B-36904

Verzeichnis

der

VDE-Arbeiten

Nach dem Stand am 1. Juni 1951

VDE-Verlag GmbH

Wuppertal-Elberfeld
Friedrich-Ebert-Straße 111

Berlin-Charlottenburg 4
Bismarckstraße 33

Gruppe 0 Allgemeines / Gruppe 1 Starkstromanlagen

VDE- Kennziffer/ Ausgabedatum ¹⁾	Titel	Bezugs- quelle ²⁾	Preis des Sonder- druckes DM
---	-------	---------------------------------	---------------------------------------

Gruppe 0 Allgemeines

0020/3.51	Entwicklung und Aufbau des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V. (VDE)	VDE	—,50
0022/3.51	Vorschriftenwerk des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V.	VDE	—,30
0024/2.51	Prüfstelle und Prüfzeichen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V.	VDE	—,40
0050/I.38	Energiewirtschaftsgesetz und VDE-Bestimmungen	VDE	—,40
0051/X.43	Polizeiverordnung über Schlagwetter- und Explosionsschutz elektrischer Betriebsmittel	VDE	—,50

Gruppe 1 Starkstromanlagen

0100/VIII.44	Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V	VDE	2,50
0100U/2.51	Übergangsvorschriften zu VDE 0100	VDE	—,40
0101/V.43	Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber	VDE	1,80
0105/XII.40	Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen	VDE	1,—
0108/XII.40	Vorschriften für Errichtung und Betrieb elektrischer Starkstromanlagen in Theatern, Versammlungsräumen, Zirkusanlagen, Lichtspieltheatern, Waren- und Geschäftshäusern sowie in fliegenden Bauten unter freiem Himmel	VDE	1,20

Fußnoten siehe Seite 16.

Gruppe 1 Starkstromanlagen

VDE- Kennziffer/ Ausgabedatum ¹⁾	Titel	Bezugs- quelle ²⁾	Preis des Sonder- druckes DM
0110/7.50	Vorschriften für die Bemessung der Kriech- und Luftstrecken elektrischer Betriebsmittel = 0110/XII.44	— VDE	— —,80
	+ 0110 a/7.50	VDE	—,10
0111/XI.41	Leitsätze für den elektrischen Sicherheitsgrad von Starkstrom- anlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber	VDE	—,60
0113/I.42	Leitsätze für Werkzeugmaschi- nen mit elektrischer Ausrüstung	VDE	—,70
0114 U/IV.43³⁾	Übergangsleitsätze für Strom- arten und Spannungen bei Werk- zeugmaschinen zur Metall- und Holzbearbeitung	VDE	—,20
0115/XI.44	Vorschriften nebst Ausführungs- regeln für elektrische Bahnen ..	VDE	2,—
0118/V.44	Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in Berg- werken unter Tage (B. u. T.)	VDE	2,—
0119/1936	Vorschriften für den Betrieb elektrischer Anlagen in Berg- werken unter Tage (B. u. T.)	VDE	1,50
0120/V.43	Vorschriften für den Hochspan- nungsschutz in medizinischen Röntgenanlagen	VDE	—,40
0121/XII.40	Vorschriften für den Hoch- spannungsschutz in nichtmedi- zinischen Röntgenanlagen	VDE	—,30
0125/1932	Leitsätze für die Berücksich- tigung elektrischer Anlagen bei der Ausführung von Bauten	VDE	—,40
	in portugiesischer Sprache	VDE	1,40
0128/1936	Regeln für Leuchtröhrenanlagen und Leuchtröhrengeräte	VDE	—,70
0130/V.42	Elektrische Anlagen in der Land- wirtschaft	VDE	—,50
0131/VIII.41	Leitsätze für elektrische Weide- zäune	B. V.	—,50
0132/1932	Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen An- lagen und in deren Nähe	VDE	—,50

Fußnoten siehe Seite 16.

VDE- Kennziffer/ Ausgabedatum ¹⁾	Titel	Bezugs- quelle ²⁾	Preis des Sonder- druckes DM
0134/10.50	Anleitung zur ersten Hilfe bei Unfällen	VDE	—,50
0140/1932 mit 0140 U/L 45 ³⁾	Leitsätze für Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen mit Be- triebsspannungen unter 1000 V Übergangsleitsätze zu VDE 0140	VDE	1,—
0140/1932	0140/1932 in englischer und in spanischer Sprache		
0141/XII.40 mit 0141 U/L 45 ³⁾	Vorschriften für Erdungen in Wechselstromanlagen über 1 kV Übergangsvorschriften zu VDE 0141	VDE	1,20
0145/1933	Leitsätze für den Schutz elek- trischer Anlagen gegen Über- spannungen		
0150/1910	Vorschriften zum Schutze der Gas- und Wasserröhren gegen schädliche Einwirkungen der Ströme elektrischer Gleichstrom- bahnen, die die Schienen als Leiter benutzen	VDE	—,40
0151/1923	Leitsätze betr. Anfressungs- gefährdung des blanken Null- leiters von Gleichstrom-Drei- leiteranlagen	VDE	—,30
0165/1935 mit 0165 U/II.45 ³⁾	Leitsätze für die Errichtung elek- trischer Anlagen in explosions- gefährdeten Betriebsstätten und Lagerräumen	VDE	—,80
0166/II.44	Vorschriften für elektrische An- lagen und Betriebsmittel in sprengstoffgefährdeten Räumen		
0168/1935	Vorschriften für Bagger, Förder- geräte sowie zugehörige Bahn- anlagen über Tage und im Tage- bau	VDE	—,50

¹⁾ Fußnoten siehe Seite 16.

Gruppe 2 Starkstromanlagen und Kabel

VDE- Kennziffer/ Ausgabedatum ¹⁾	Titel	Bezugs- quelle ²⁾	Preis des Sonder- druckes DM
0170/IV.44 } 0171/IV.44 } mit	Vorschriften für schlagwetter- und explosionsgeschützte elek- trische Betriebsmittel	VDE	4,—
0170 U/X.44 ³⁾ } 0171 U/X.44 ³⁾ }	Übergangsvorschriften zu VDE 0170 und 0171		
0172/VIII.40	Vorschriften für die elektrische Ausrüstung explosionsgeschütz- ter gleisloser Elektrofahrzeuge mit Akkumulatorenbetrieb	VDE	—,40
0173/V.43	Leitsätze für die Bestimmung der Zündgruppe und Explosions- klasse von Gasen und Dämpfen	VDE	—,60
0175/1933	Spannungsnormen für elek- trische Anlagen von 1 bis 100 V	VDE	—,20
0176/1932	Spannungsnormen für Stark- stromanlagen über 100 V	VDE	—,20
0190/VII.40	Richtlinien für die Benutzung des Wasserrohrnetzes zur Er- dung in elektrischen Starkstrom- anlagen mit Betriebsspannungen bis 250 V gegen Erde	VDE	—,60
0191/VI.43	Merkblatt über Anforderungen an Werkstätten, die schlag- wettergeschützte und explosions- geschützte elektrische Betriebs- mittel ändern oder instandsetzen	VDE	—,20
0192/I.45	Merkblatt für die Gestaltung der Anschlußräume und Anschluß- teile von schlagwettergeschütz- ten Betriebsmitteln für Betriebs- spannungen unter 1000 V	VDE	—,70

Gruppe 2 Starkstromleitungen und Kabel

0201/1934	Vorschriften für Kupfer für die Elektrotechnik	VDE	—,20
0202/VII.43	Vorschriften für Aluminium für die Elektrotechnik	VDE	—,20
0203/XII.44	Vorschriften für Stahlkupfer (Staku)-Leiter in der Elektro- technik	VDE	—,20

Fußnoten siehe Seite 16.

Gruppe 2 Starkstromanlagen und Kabel

VDE- Kennziffer/ Ausgabedatum ¹⁾	Titel	Bezugs- quelle ²⁾	Preis des Sonder- druckes DM
0204 U/XII.44 ³⁾	Übergangsvorschriften für Zink für Elektrotechnik	VDE	—,20
0205 U/XII.44 ³⁾	Übergangsvorschriften für Leiter aus weichem Stahl in der Elek- trotechnik	VDE	—,20
0208/1.51	Vorschriften für Isolierhüllen und Mäntel aus Gummi für isolierte Leitungen und Kabel ..	VDE	—,20
0209/1.51	Vorschriften für Isolierhüllen und Mäntel aus thermoplasti- schem Kunststoff für isolierte Leitungen und Kabel	VDE	—,30
0210/2.51	Vorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen	—	—
	= 0210/VIII.43	VDE	2,—
	+ 0210 n/2.51	VDE	3,—
0214/1925	Merkblatt für Verhaltensmaß- regeln gegenüber elektrischen Freileitungen	VDE	—,40
0215/I.45	Merkblatt über die Zerstörung von Holzmasten durch Käfer- larven	VDE	—,70
0228/1925	Leitsätze für Maßnahmen an Fernmelde- und an Drehstrom- anlagen im Hinblick auf gegen- seitige Näherungen	B.V.	1,75
0240/1926	Leitsätze für die Errichtung von Fahrleitungen für Hebezeuge und Transportgeräte	VDE	—,30
0250/1.51	Vorschriften für isolierte Stark- stromleitungen	VDE	2,80
0252/IX.40	Vorschriften für umhüllte Lei- tungen	VDE	—,50
0252 U/V.43 ³⁾	Übergangsvorschriften zu VDE 0252	VDE	—,20
0255/2.51	Vorschriften für Papierbleikabel in Starkstromanlagen	VDE	1,20

¹⁾ Fußnoten siehe Seite 16.

Gruppe 3 Isolierstoffe

VDE- Kennziffer/ Ausgabedatum ¹⁾	Titel	Bezugs- quelle ²⁾	Preis des Sonder- druckes DM
0265/XII.42	Vorschriften für Gummibleikabel in Starkstromanlagen	VDE	—,60
0270 U/XI.44 ³⁾	Übergangsvorschriften für Stark- stromkabel ohne Bleimantel bis 6 kV für Verlegung in Innen- räumen	—	—
0271 U/XI.44 ³⁾	Übergangsvorschriften für Stark- stromkabel ohne Bleimantel bis 1 kV für Verlegung in feuchten, durchtränkten und ähnlichen Räumen und für Erdverlegung	—	—
0280/1936	Merkblatt über Herstellung von Verbindungsstellen bei Alu- miniumleitern in Starkstrom- anlagen	VDE	—,40
0281/1937	Vorläufige Richtlinien für die Herstellung von Verbindungen und Abzweigungen von Alu- miniumleitungen in Installa- tionen	VDE	—,20
0283/IX.44	Richtlinien für probeweise zu- gelassene isolierte Leitungen in Starkstromanlagen	VDE	—,20
0284/1.51	Vorschriften für hitzebeständig isolierte Starkstromleitungen mit Metallmantel	VDE	—,40
0288/I.42	Richtlinien für probeweise zu- gelassene Verlegung blanker Leiter in isolierenden Rohren für Starkstromanlagen	VDE	—,40
0294/VI.43	Merkblatt über Hochspannungs- freileitungsisolatoren	—	—
0295/VI.42	Merkblatt über Stahlleitungen für Starkstromfreileitungen	B. V.	1,—

Gruppe 3 Isolierstoffe

0302/III.43	Leitsätze für mechanische und thermische Prüfungen fester Isolierstoffe	VDE	—,50
0303/VII.40	Leitsätze für elektrische Prü- fungen von Isolierstoffen	VDE	1,50

Fußnoten siehe Seite 16.

Gruppe 3 Isolierstoffe

VDE- Kennziffer/ Ausgabedatum ¹⁾	Titel	Bezugs- quelle ²⁾	Preis des Sonder- druckes DM
0308/1929	Leitsätze für die Erzeugung bestimmter Luftfeuchtigkeit zur Prüfung elektrischer Isolierstoffe	B. V.	—,50
0310/1929	Leitsätze für die Bewertung und Prüfung von Holz als Isolierstoff	VDE	—,60
0312/1929	Leitsätze für die Bewertung und Prüfung von Fiber als Isolierstoff	—	—
0313/1929	Leitsätze für die Prüfung von Elektrolackpappe	—	—
0315/XI.42	Regeln für Preßspan	B. V.	1,—
0318/III.43	Regeln für Hartpapier und Hartgewebe (Schichtpreßstoffe)	—	—
0318 U/XI.44 ³⁾	Übergangsregeln zu VDE 0318	—	—
	0318 und 0318 U zusammen	B. V.	1,75
0320/X.44	Regeln für Formpreßstoffe	VDE	1,—
0322/1936	Leitsätze für die Prüfung von Hartgummi	B. V.	1,—
0330/1929	Leitsätze für die Prüfung von natürlichen Gesteinen	B. V.	—,50
0331/1932	Leitsätze für die Prüfung und Lieferung von Asbestzeugnissen	—	—
0332/IX.38	Leitsätze für Glimmerzeugnisse	B. V.	—,50
0335/XI.40	Leitsätze für die Prüfung keramischer Isolierstoffe	B. V.	1,65
0340/III.44	Vorschriften für Isolierband	VDE	—,40
0340 U/IX.44 ³⁾	Übergangsvorschriften zu VDE 0340	VDE	—,10
0345/III.44	Leitsätze für wärmebeständige Kunststoff-Folien zur Verwendung in elektrischen Maschinen	VDE	1,25
0350/1929	Leitsätze für die Prüfung von Vergußmassen für Geräte unter 1000 V Nennspannung	—	—
0351/XII.44	Vorschriften für die Bewertung und Prüfung von Vergußmassen für Kabelzubehörteile	B. V.	1,25
0360/XII.40	Leitsätze für die Prüfung von Isolierlacken	VDE	—,80

Fußnoten siehe Seite 16.

Gruppe 4 Messung und Prüfung

VDE- Kennziffer/ Ausgabedatum ¹⁾	Titel	Bezugs- quelle ²⁾	Preis des Sonder- druckes DM
0361 U/VIII.44³⁾	Übergangsleitsätze für die Prü- fung von Spulentränklacken ..	VDE	1,80
0365/X.42	Leitsätze für Lackgewebe und Lackpapier	B. V.	—,50
0370/1936	Vorschriften für Schalter und Transformatorenöle	B. V.	1,15
	in englischer und spanischer Sprache	VDE	je 1,40
0380/IV.41	Einführung zu VDE 0360/XII.40 „Leitsätze für die Prüfung von „Isolierlacken“	—	—
Gruppe 4 Messung und Prüfung			
0410/VI.42	Regeln für Meßgeräte	B. V.	1,65
	in italienischer Sprache	VDE	2,80
0414/I.42	Regeln für Wandler	VDE	1,75
0418/IX.40	Regeln für Elektrizitätszähler ..	B. V.	1,65
0425/1937	Vorschriften für Spannungs- sucher bis 1000 V	VDE	—,40
0430/XII.41	Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke	VDE	1,70
0431/XII.40	Regeln für das Messen von Spannungen in Röntgenanlagen mit der Kugelfunkenstrecke	B. V.	1,25
0442/1933	Leitsätze für die Ausführung von Hochspannungsprüfungen mit Wechselspannungen	B. V.	1,—
	in spanischer Sprache	VDE	1,40
0444/V.43	Vorschriften für die Prüfung von Isolatoren für Fernmeldefrei- leitungen	VDE	—,40
0446/IX.41	Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an	VDE	—,80
0447/1926	Leitsätze für die Prüfung von Hochspannungsisolatoren mit Spannungsschößen	B. V.	—,50
0448/V.40	Leitsätze für die Nebel- u. Ver- schmutzungsprüfung von Frei- luft-Hochspannungsisolatoren ..	B. V.	—,50

Fußnoten siehe Seite 16.

Gruppe 5 Maschinen, Transformatoren, Umformer

VDE- Kennziffer/ Ausgabedatum ¹⁾	Titel	Bezugs- quelle ²⁾	Preis des Sonder- druckes DM
0450/XI.39	Leitsätze für die Erzeugung und Verwendung von Stoßspannungen für Prüfw Zwecke	VDE	1,20
0470/XII.43	Regeln für Prüfgeräte und Prüfverfahren	VDE	1,50
0472/1.51	Regeln für die Durchführung von Prüfungen an isolierten Leitungen und Kabeln	VDE	2,—

Gruppe 5 Maschinen, Transformatoren, Umformer

0510/IX.43	Vorschriften für elektrische Sammler (Akkumulatoren)	B. V.	1,50
0522/1914	Vorschriften für die Prüfung von Eisenblech	—	—
0530/2.51	Regeln für elektr. Maschinen .. = 0530/VI.41 + 0530 d/2.51	—	—
	0530/VI.41 ⁴⁾	VDE	3,—
	0530 d/2.51	VDE	—,30
0530 U/2.51	Übergangsregeln zu VDE 0530 ..	VDE	—,20
0532/X.43 mit	Regeln für Transformatoren	VDE	3,—
0532 U/VII.43 ³⁾	Übergangsregeln zu VDE 0532 ..		
0535/III.38 ⁴⁾	Regeln für elektrische Maschinen und Transformatoren auf Bahn- und anderen Fahrzeugen	VDE	2,75
	in spanischer Sprache	VDE	2,80
0540/V.44	Regeln für Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißgeneratoren und -umformer	B. V.	1,—
0541/V.44	Regeln für Lichtbogen-Schweißtransformatoren	B. V.	1,—
0550/1936	Vorschriften für Bau und Prüfung von Schutz-, Netzfern- melde- und sonstigen Transformatoren für Kleinspannung und Kleinleistung	VDE	1,—
0550 U/III.44 ³⁾	Übergangsvorschriften zu VDE 0550	VDE	—,15
0555/1936	Regeln für Stromrichter	B. V.	1,25

Fußnoten siehe Seite 16.

Gruppe 6 Installationsmaterial, Schalt- und Hochspannungsgeräte

VDE-Kennziffer/ Ausgabedatum ¹⁾	Titel	Bezugs- quelle ²⁾	Preis des Sonder- druckes DM
0560/1932	Leitsätze für ruhende elektrische Kondensatoren in Starkstrom- anlagen	B. V.	1,—
	in englischer und spanischer Sprache	VDE	je 1,40
0570/IV.43	Regeln für Klemmenbezeichnun- gen	B. V.	1,75

Gruppe 6 Installationsmaterial, Schalt- und
Hochspannungsgeräte

0605/VI.39	Vorschriften für Installations- rohre für elektrische Anlagen ..	VDE	—,50
0605 U/VIII.43 ³⁾	Übergangsvorschriften zu VDE 0605	VDE	—,15
0606/8.50	Vorschriften für Verbindungs- u. Abzweigdosen, Hauptleitungs- abzweigkästen sowie Leuchten- klemmen	VDE	1,—
	= 0606/XI.46 + Verlängerung der Übergangsfrist bis 31. 12. 50		
0608/6.50	Leitsätze für Klemmen	VDE	—,50
	= 0608/V.43, jedoch ohne Be- stimmungen über Zinkleiter (ETZ 1950 S. 333)		
0610/I.45 ⁵⁾	Vorschriften, Regeln und Nor- men für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmate- rial bis 750 V Nennspannung	—	—
0610 U/III.45 ⁵⁾	Übergangsvorschriften zu VDE 0610	VDE	—,50
	0610 und 0610 U zusammen	B. V.	1,25
0616/8.50	Vorschriften für Lampenfassun- gen und Lampensockel bis 750 V	VDE	1,—
	= 0616/XI.46 + Verlängerung der Übergangsfrist bis 31. 12. 50		
0620/8.50	Vorschriften für Steckvorrich- tungen bis 750 V 100 A	VDE	2,—
	= 0620/XI.46 + Verlängerung der Übergangsfrist bis 31. 12. 50		
0631/1933	Leitsätze für Temperaturbegren- zer und Temperaturregler	B. V.	—,50

Fußnoten siehe Seite 16.

Gruppe 6 Installationsmaterial, Schalt- und Hochspannungsgeräte

VDE- Kennziffer/ Ausgabedatum ¹⁾	Titel	Bezugs- quelle ²⁾	Preis des Sonder- druckes DM
0632/8.50	Vorschriften für Schalter bis 750 V 60 A	VDE	1,65
	= 0632/XI.46. + Verlängerung der Übergangsfrist bis 31. 12. 50		
0635/8.50	Vorschriften für Leitungsschutz- sicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A = 0635/XI.46 + Verlängerung der Übergangsfrist bis 31. 12. 50	VDE	1,—
0641/V.42	Leitsätze für Leitungsschutz- schalter bis 25 A 380 V	B. V.	1,40
0650/1933	Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten	—	—
0650 U/VII.43 ³⁾	Übergangsregeln zu VDE 0650 0650 und 0650 U zusammen	B. V.	2,40
0655/1927	Regeln für die Bewertung und Prüfung von Steuergeräten, Widerstandsgeräten und Brems- lüftern für aussetzenden Betrieb	VDE	1,—
0660/IX.39*)	Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Schaltgeräten bis 500 V Wechsel- spannung und 3000 V Gleich- spannung	—	—
0660 U/VII.43 ³⁾ *)	Übergangsregeln zu VDE 0660	—	—
0663/1933	Leitsätze für Schutzschalter gegen unzulässig hohe Berüh- rungsspannung	VDE	1,—
	in englischer und spanischer Sprache	VDE	je 1,40
0665/1930	Leitsätze für Motorschutzschal- ter mit thermisch verzögerter Überstromauslösung	B. V.	1,—
0670/XI.41 ⁴⁾	Regeln für Wechselstrom-Hoch- spannungsgeräte	VDE	2,25
	in spanischer Sprache	VDE	2,80
0675/I.38	Leitsätze für Überspannungs- schutzgeräte in Starkstrom- anlagen	B. V.	1,25

*) Außerkraftsetzung bevorstehend, da veraltet. Neubearbeitung im Gang.
Sonstige Fußnoten siehe Seite 16.*

Gruppe 7 Verbrauchsgeräte

VDE- Kennziffer/ Ausgabedatum ¹⁾	Titel	Bezugs- quelle ²⁾	Preis des Sonder- druckes DM
Gruppe 7 Verbrauchsgeräte			
0710/IX.44	Vorschriften für Leuchten bis 750 V	VDE	2,—
0720/6.51	Vorschriften für Elektrowärme- geräte = 0720/II.43 + 0720 e/11.50 + 0720 f/6.51	—	—
0720 U/VIII.43³⁾	Übergangsvorschriften zu VDE 0720	VDE	—,20
	0720/II.43 und 0720 U zusammen	VDE	2,50
	0720 e/11.50	VDE	—,10
	0720 f/6.51	VDE	—,10
0725/7.50	Vorschriften für schmiegsame Elektrowärmegeräte	VDE	1,25
mit	= 0725/III.42 + Änderung des § 1 a)		
0725 U/7.50	Übergangsvorschriften zu VDE 0725	VDE	—,40
	0725 U allein		
0730/1935	Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren	VDE	—,50
0740/1933	Vorschriften für Elektrowerk- zeuge für Spannungen bis 250 V gegen Erde	VDE	—,50
0741/1927	Regeln für die Bewertung und Prüfung von Schleif- und Polier- maschinen	B. V.	—,50
0750/1933	Vorschriften für elektromedizi- nische Netzanschlußgeräte zur Galvanisation, Faradisation, Si- nusstrombehandlung, Glühkau- stik und Endoskopie	B. V.	1,—
0751/II.38	Vorschriften für elektromedizi- nische Hochfrequenzgeräte zur Diathermie, Hochfrequenzchirur- gie und Kurzwellentherapie	B. V.	1,15
0755/VI.43	Leitsätze für gewerbliche An- lagen und Geräte, in denen Frequenzen über 1 kHz verwen- det werden	VDE	—,20

Fußnoten siehe Seite 16.

Gruppe 8 Fernmelde- und Rundfunkanlagen

VDE- Kennziffer/ Ausgabedatum ¹⁾	Titel	Bezugs- quelle ²⁾	Preis des Sonder- druckes DM
0759/1928	Regeln für den Bau und die Prüfung von Hochfrequenz-Heil- geräten	B. V.	1,—
0790/IX.43	Bemerkungen zu den VDE 0710/VII.43	VDE	3,—
Gruppe 8 Fernmelde- und Rundfunkanlagen			
0800/I.43	Vorschriften für Fernmelde- anlagen	VDE	1,85
0800 U/I.44 ³⁾	Übergangsvorschriften zu VDE 0800	VDE	—,10
0804/XII.40	Vorschriften für Fernmelde- geräte	VDE	1,40
0807/X.39	Vorschriften für galvanische Elemente und Batterien	VDE	—,20
0807 U/IV.42 ³⁾	Übergangsvorschriften zu VDE 0807	VDE	—,15
0812/XI.44	Vorschriften für isolierte Schalt- drähte und Schaltlitzen in Fern- meldeanlagen	VDE	—,80
0813/XI.44	Vorschriften für Schaltkabel in Fernmeldeanlagen	VDE	—,50
0814/XI.44	Vorschriften für Schnüre in Fern- meldeanlagen	VDE	—,40
0815 U/XI.44 ³⁾	Übergangsvorschriften für In- stallationsleitungen (Drähte, Rohrdrähte und Innenkabel) in Fernmeldeanlagen	B. V.	1,—
0816 U/XII.44 ³⁾	Übergangsvorschriften für Außenkabel in Fernmelde- anlagen	VDE	1,20
0817/XI.44	Vorschriften für Schlauchleitun- gen in Fernmeldeanlagen	B. V.	—,50
0820/XII.43	Leitsätze für Gerätesicherungen der Fernmeldetechnik	—	—
0820 U/I.43 ³⁾	Übergangsleitsätze zu VDE 0820 0820 und 0820 U zusammen	B. V.	1,—
0850/1922	Sicherheitsvorschriften für Hoch- frequenztelefonie in Verbin- dung mit Hochspannungsanlagen	— /	—

Fußnoten siehe Seite 16.

Gruppe 8 Fernmelde- und Rundfunkanlagen

VDE- Kennziffer/ Ausgabedatum ¹⁾	Titel	Bezugs- quelle ²⁾	Preis des Sonder- druckes DM
0855/I.44	Vorschriften für Antennen- anlagen	VDE	1,—
0856/X.42	Leitsätze für Gemeinschafts- antennenanlagen	VDE	1,—
0857/IV.43	Leitsätze für die Messung der elektrischen Eigenschaften von Antennenanlagen	VDE	—,40
0860/VIII.43	Vorschriften für Rundfunk- und verwandte Geräte	VDE	—,60
0870/VII.43	Leitsätze für Kondensatoren der Rundfunk- und Entstörungs- technik	B. V.	1,—
0873/1934	Leitsätze für Maßnahmen an Leitungsanlagen zur Verminde- rung von Rundfunkstörungen ..	B. V.	—,50
0874/1936	Leitsätze für Maßnahmen an Maschinen und Geräten zur Verminderung von Rundfunk- störungen	B. V.	1,50
0875/VI.41	Regeln für die Hochfrequenz- entstörung von elektrischen Ma- schinen und Geräten für Nenn- leistungen bis 500 W	B. V.	—,50
0876/III.42	Vorschriften für Störspannungs- meßgeräte	B. V.	1,—
0877/III.42	Leitsätze für die Messung von Funkstörspannungen	B. V.	1,—
0880/VII.39	Richtlinien für probeweise zuge- lassene isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen	—	—
0885/IX.43	Erläuterungen zu den VDE- Bestimmungen über Antennen- anlagen VDE 0855, 0856 u. 0857	—	—
0886/VI.43	Die praktische Bedeutung und die Messung des Kopplungs- widerstandes von Leitungen und Bauteilen für Antennenanlagen	—	—
0890/2.51	Merkblatt über den Aufbau und die Verwendung isolierter Lei- tungen und Kabel in Fernmelde- anlagen	VDE	8,—

Fußnoten siehe Seite 16.

1) Das Datum hinter der Kennziffer einer Vorschrift entspricht dem Ausgabedatum der letzten Änderung.

2) VDE = VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Postfach 1144 und Zweigniederlassung Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33.

B.V. = Beuth-Vertrieb GmbH., Berlin W 15, Uhlandstraße 175 und Zweigniederlassung Köln, Friesenplatz 16.

Die vom Beuth-Vertrieb beziehbaren VDE-Bestimmungen sind unter der Bezeichnung DIN 57... zu bestellen, wobei die drei Punkte durch die drei letzten Ziffern der VDE-Nummer zu ersetzen sind, z. B. DIN 57119 für VDE 0119/1936.

Die vom Beuth-Vertrieb beziehbaren Nachdrucke werden gemäß Bekanntmachung in der ETZ 1950 S. 75 im Gebiet der Bundesrepublik als VDE-Bestimmungen anerkannt.

Vorschriften, für die keine Bezugsquelle angegeben ist, können als Photokopie bezogen werden.

3) U = Übergangsvorschriften, früher als Behelfs(B)- oder Kriegs(K)-Vorschriften bezeichnet. Bei Bestellung einer Grundvorschrift werden die etwa dazu herausgegebenen U-Vorschriften mitgeliefert, sofern nicht bei der Bestellung der Grundvorschrift ausdrücklich darauf verzichtet wird. (Ältere Drucke, die noch mit B oder K bezeichnet sind, bleiben auch weiterhin gültig. Die vom Beuth-Vertrieb beziehbaren Übergangsvorschriften tragen als Kennzeichen ein U statt des B oder K. Sie lauten daher „DIN 57... U“ und heißen Umstellnormen. Maßgebend für die Gültigkeit dieser, mit verschiedenen Buchstaben bezeichneten Übergangsvorschriften ist allein das Datum der Herausgabe, d. h. die Angabe hinter dem schrägen Strich „/“ im Anschluß an die VDE-Nummer der Vorschrift.)

4) Änderung siehe ETZ 1944 S. 459. (In den neueren Drucken ist diese Änderung bereits berücksichtigt.)

5) Gilt ab 1. 1. 1951 nur noch für Sicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz für Spannungen über 500 V (§§ 46 bis 53), ferner nur noch für Sicherungen in Steckdosen (§ 54) und nur noch für Verteilungstafeln (§ 88) (ETZ 1950 S. 571).

Zum Sammeln der Einzeldrucke empfehlen wir den handlichen

Taschenordner

1,7 cm Rückenbreite, abwaschbares Kunstleder, schmiegsamer Deckel, Druckknopfverschluss DM 1,50

Er eignet sich besonders für die Reise, zur Mitnahme auf Baustellen usw.

Für das Büro empfehlen wir wegen ihres größeren Fassungsvermögens die in Ganzleinen gearbeitete

Sammelmappe

5,5 cm Rückenbreite, mit Steckverschluß DM 2,50
wie sie für die Lose-Blatt-Ausgabe des VDE-Vorschriftenwerkes vielen Benutzern seit Jahren vertraut ist.

Sie können die VDE-Arbeiten der Gruppen 0 und 1 verbilligt beziehen als

Lose-Blatt-Ausgabe

in Sammelmappe DM 25,—
und gebunden als

VDE-Vorschriftenbuch Band 1

in flexiblen Ganzleinenband DM 15,—

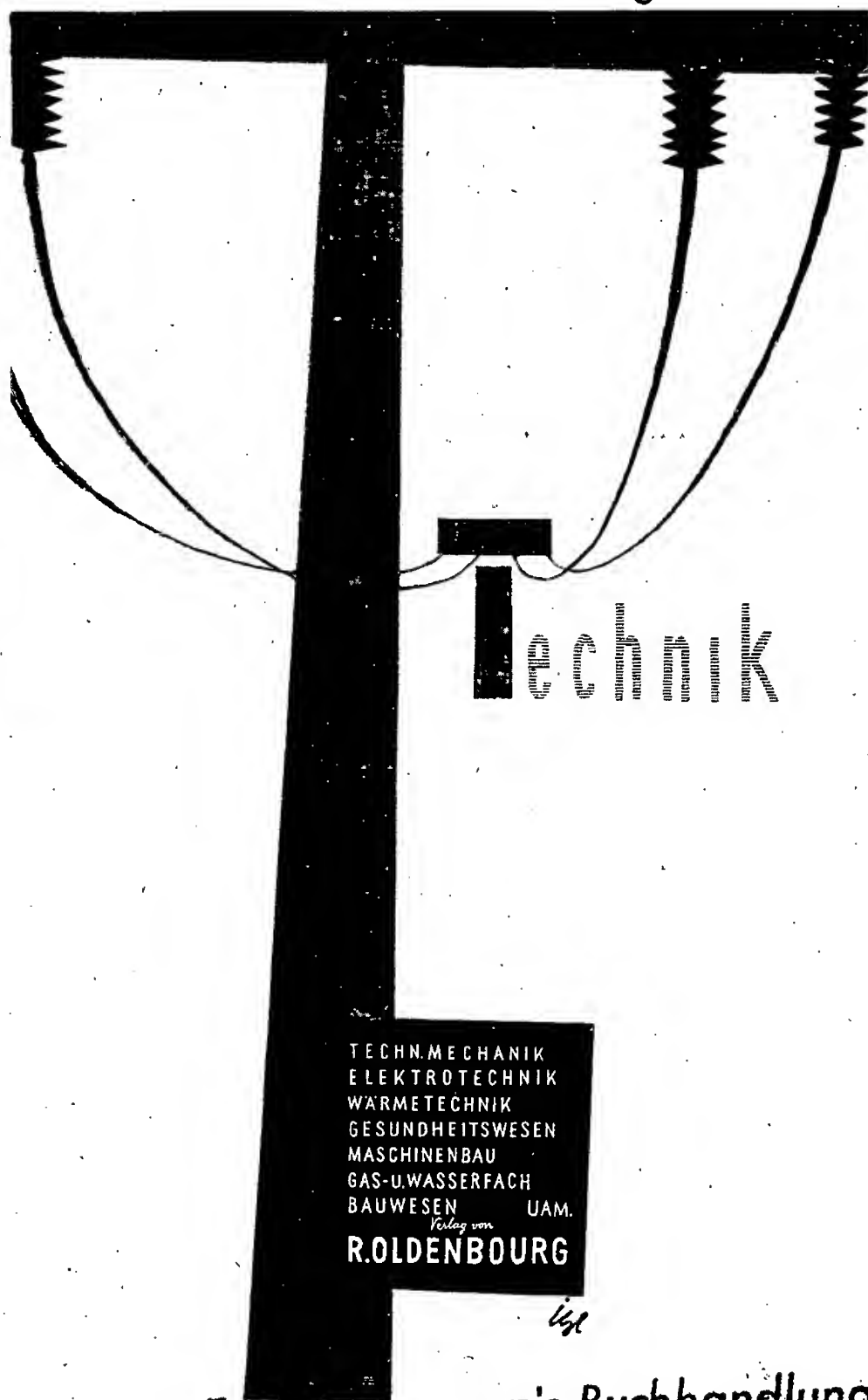
Die Lose-Blatt- und Buchausgabe der Gruppe 2 erscheint voraussichtlich im Juli, der Gruppe 3 voraussichtlich im Oktober 1951.

VDE-Verlag GmbH

Wuppertal-Elberfeld
Friedrich-Ebert-Straße 111

Berlin-Charlottenburg 4
Bismarckstraße 33

gi



TECHN.MECHANIK
ELEKTROTECHNIK
WARMETECHNIK
GESUNDHEITSWESEN
MASCHINENBAU
GAS-U.WASSERFACH
BAUWESEN UAM.
Verlag von
R.OLDENBOURG

1/51

Fr. Weidemann's Buchhandlung
(H. Witt)

(20a) **Hannover, Am Steintor**
Schillerstr. 17 + Eingang Limburgerstr.

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS

Technische Mechanik	Seite	3
Maschinenbau, Apparatebau	„	4
Elektrotechnik	„	5
Nachrichtentechnik	„	7
Wärmetechnik, Gesundheitswesen	„	9
Gas- und Wasserfach	„	12
Allgemein	„	14
Wirtschaft	„	15
Namenverzeichnis	„	16

VERLAG VON R. OLDENBOURG · MÜNCHEN

TECHNIK · Technische Mechanik

TECHNISCHE MECHANIK

Degen, Mathias: **Die Grundlagen der Technischen Mechanik und Festigkeitslehre.**
In Vorbereitung.

Föppl, August: **Vorlesungen über Technische Mechanik.**

Band I: Einführung in die Mechanik.

14. Aufl., 265 S., 104 Abb., Gr.-8°, 1949 (430) Hlw. DM 15.—

Band II: Graphische Statik.

10. Aufl., 295 S., 229 Abb., Gr.-8°, 1949 (480) Hlw. DM 15.—

Band III und IV: Neuauflage. In Vorbereitung.

Band V: Ist ersetzt durch A. u. L. Föppl „Drang und Zwang“.

Band VI: Die wichtigsten Lehren der höheren Dynamik.

6. Aufl., 468 S., 33 Abb., Gr.-8°, 1944 (640) Pappb. DM 11.80

Das unerreichte Standardwerk der Technischen Mechanik.

Föppl, Ludwig: **Drang und Zwang.**

Band I und II sind vergriffen.

Band III: Der ebene Spannungszustand.

192 S., 82 Abb., Gr.-8°, 1947 (350) Hlw. DM 15.—

Elastizitätstheoretische Probleme in klarer, übersichtlicher Darstellung — eine Festigkeitslehre für Ingenieure.

Föppl, Ludwig: **Die strenge Lösung für die rollende Reibung.**

44 S., 13 Abb., Gr.-8°, 1947 (80) brosch. DM 6.—

Die exakte Lösung für die Reibung zwischen Rad und Schiene.

Föppl, Ludwig — Sonntag, Gerhard: **Tafelwerk zur Festigkeitslehre.**

Etwa 224 S., etwa 480 Abb., Gr.-8°, 1951. Erscheint 1951

Hencky, Heinrich: **Neuere Methoden und Ergebnisse der angewandten Mechanik.**

Teil I: 72 S., 13 Abb., Gr.-8°, 1950 brosch. ca. DM 9.—

Eine völlig neuartige Behandlung des räumlichen Problems der Festigkeitslehre.

VERLAG VON R. OLDENBOURG · MÜNCHEN

TECHNIK · Technische Mechanik · Maschinenbau, Apparatebau

Oldenbourg, Rudolf C. — Sartorius, Hans: **Dynamik selbsttätiger Regelungen.**

Band I: Allgemeine und mathematische Grundlagen. Stetige und unstetige Regelungen. Nichtlinearitäten.

2. Aufl., 258 S., 112 Abb., 1 Tafel, Gr.-8°, 1950 Hlw. DM 24.—

Band II: Theorie der optimalen Abstimmung. In Vorbereitung.

Zusammenfassende Darstellung der im Gesamtgebiet der selbsttätigen Regelungen angewandten mathematischen Methoden zur Stabilitätsuntersuchung und Berechnung von Ausgleichsvorgängen.

Schnack, Emil: **Technische Mechanik.**

Für Fachschulen und zum Selbstunterricht.

Teil I: Bewegungslehre.

4. erw. Aufl., 132 S., 187 Abb., Kl.-8°, 1950 (140) geb. DM 3.40
(90) brosch. DM 2.90

Teil II: Gleichgewichtslehre.

4. erw. Aufl., etwa 144 S., 376 Abb., Kl.-8°, 1951. erscheint Ende 1950

Teil III: Festigkeitslehre.

In Vorbereitung.

Ein anregendes, leicht verständliches, für weite Kreise geeignetes Lehrbuch mit eindringlicher, den Beschauer unmittelbar ansprechender Bebilderung.

MASCHINENBAU · APPARATEBAU

Gaede, Wolfgang: **Gasballastpumpen und Vakuumtechnik des Dampfes.**

Eine Schrift aus dem Nachlaß.

92 S., 23 Abb., 8°, 1950

brosh. DM 4.80

Erster vollständiger Druck des letzten Manuskriptes von Prof. Dr. Wolfgang Gaede.

Heindl, Rudolf: **Vermessungstechnische Instrumente.**

Gebrauch, Prüfung und Berichtigung.

76 S., 94 Abb., Gr.-8°, 1950 (140)

kart. DM 4.90

Instrumentenkunde für Studierende der Staatsbüchsen und Ingenieure des Vermessungswesens.

Holzer, Karl A.: **Notizen zum Verschleiß im Zylinder von Verbrennungsmotoren.**

Etwa 300 S., etwa 100 Abb., Gr.-8°, 1951

Hlw. ca. DM 25.—

VERLAG VON R. OLDENBOURG · MÜNCHEN

TECHNIK · Maschinenbau, Apparatebau · Elektrotechnik

Rauck, Max J. B.: 50 Jahre Dieselmotor.

Aus: Abhandlungen und Berichte des Deutschen Museums in München.
32 S., 18 Abb., 8°, 1949 (70) brosch. DM 1.20

Eine umfassende Darstellung der vorbildlichen Sonderschau im Deutschen Museum
München vom 25. 10. 1947—30. 9. 1948.

Schmidt, Fritz A. F.: Verbrennungskraftmaschinen.

Etwa 420 S., etwa 170 Abb., 17 Tab., 5 Einschlagtaf.,

Gr.-8°, 1951.

erscheint Ende 1950

Theoretische Hilfsmittel für die Praxis und Versuchserfahrungen für Studierende und
Ingenieure.

ELEKTROTECHNIK

Gruber, Benedikt: 7 Formeln genügen.

Vorbereitung zur Gesellen- und Meisterprüfung im Elektrohandwerk.

11. Aufl., 235 S., 423 Abb., 8°, 1948 (230)

brosh. DM 6.—

Das Fachbuch des Elektrohandwerks für Ausbildung und berufliche Praxis.

Gruber, Benedikt: Üben mit 7 Formeln.

Aufgabensammlung mit Lösungen zur Vorbereitung für die Gesellen-
prüfung im Elektrohandwerk.

6. Aufl., 92 S., 31 Abb., 48 Schaltskizzen, Kl.-8°, 1950 (80) brosch. DM 2.40

Ein sorgfältig zusammengestellter Übungsstoff auf der Grundlage von „7 Formeln genügen“.

Gruber, Benedikt: Üben mit 7 Formeln.

Aufgabensammlung mit Lösungen zur Vorbereitung für die Meisterprü-
fung im Elektrohandwerk.

6. Aufl., etwa 90 S., 48 Abb., Kl.-8°, 1951.

brosh. ca. DM 2.40

Eine Sammlung von sorgfältig ausgewählten Aufgaben, die die Vorbereitung auf die
Meisterprüfung unterbauen und erleichtern.

VERLAG VON R. OLDENBOURG · MÜNCHEN

TECHNIK · Elektrotechnik

Gruber, Hans — Poschenrieder, Franz: **Elektrotechnisches Fachrechnen.**
Gleich- und Wechselstrom.

Ein Lehrbuch für den Gebrauch an Fachschulen, in Lehrgemeinschaften
und für den Selbstunterricht.

13. Aufl., 143 S., 26 Abb., 13 Tabellen, 8°, 1948 (240) brosch. DM 4.—

Ein Handbuch für die Praxis mit einem Anhang zum Stabrechnen.

Henning, Walter: **Die Fernbedienungs-technik im Dienste der Elektrizitäts-
versorgung.**

190 S., 128 Abb., Gr.-8°, 1950 (320) brosch. DM 17.50

Über die wirtschaftlich und technisch zweckmäßige Planung von Fernbedienungsanlagen
und ihren störungsfreien Betrieb.

Oberdorfer, Günther: **Lehrbuch der Elektrotechnik.**

Band I: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik.

5. Aufl., 502 S., 300 Abb., 2 Taf., Gr.-8°, 1948 (850) Hlw. DM 19.30

Band II: Rechenverfahren und allgemeine Theorien der Elektrotechnik.

5. Aufl., 426 S., 139 Abb., 8 Tafeln, Gr.-8°, 1949 (650) Hlw. DM 18.20

Ein Kompendium der Elektrotechnik für Studium und Praxis.

Schilling, Walter: **Stromrichtertechnik.**

Eine Einführung in die Elektrotechnik der Stromrichter.

144 S., 144 Abb., 1 Einschlagtafel, Gr.-8°, 1950 (210) brosch. DM 14.80

Die erste umfassende Bearbeitung der Nachkriegszeit dieses jüngsten interessanten Gebietes
der Elektrotechnik.

Schwaiger, Anton: **Elektrische Leitungen.**

Praktische Berechnung von Leitungen für die Übertragung elektrischer
Energie.

2. Aufl., 224 S., 134 Abb., 8 Zahlentaf., 8°, 1948 (240) brosch. DM 10.—

Grundlegende Fragen der Energieübertragung in ausführlicher, klarer Darstellung.

Schumann, Winfried Otto: **Elektromagnetische Grundbegriffe.**

Ihre Entwicklung und ihre einfachsten technischen Anwendungen.

3. Aufl., 208 S., 202 Abb., Gr.-8°, 1950 (400) brosch. DM 15.—

Eine Darstellung der grundlegenden Gesetze, des Handwerkszeugs für den Anfänger in der
Elektrotechnik und Physik.

VERLAG VON R. OLDENBOURG · MÜNCHEN

TECHNIK · Elektrotechnik · Nachrichtentechnik

Walter, Michael: **Kurzschlußströme in Drehstromnetzen.**

Berechnung und Begrenzung.

3. Aufl., 167 S., 124 Abb., Gr.-8°, 1944 (340) Hlw. DM 9.—

Hinweise zu ihrer Ermittlung und Eindämmung in leicht verständlicher Darstellung.

Walter, Michael: **Strom- und Spannungswandler.**

2. Aufl., 159 S., 163 Abb., Gr.-8°, 1944 (330) Hlw. DM 9.—

Ihre Wirkungsweise, Leistungsfähigkeit, Eigenschaften und Verwendungsbereiche. — Ein Buch für Projektierungs- und Betriebsingenieure.

Zeitschriften

EB — Elektrische Bahnen. Zentralblatt für elektrischen Zugbetrieb und alle Arten von Triebfahrzeugen mit elektrischem Antrieb.

Herausgegeben von Abt.-Präsident O. Michel, Ministerialrat Peters und Oberreichsbahnrat Heydmann, Bundesbahnzentralamt München.

21. Jahrgang 1950.

Erscheint monatlich.

Einzelheft DM 2.80

Vierteljahresbezug DM 8.40

Jahresbezug DM 33.60

Die „Elektrischen Bahnen“ vermitteln die neuesten Erkenntnisse und Erfahrungen aus Wissenschaft und Praxis des In- und Auslandes.

NACHRICHTENTECHNIK

Fuchs, Franz: **Grundriß der Funktechnik.**

In gemeinverständlicher Darstellung.

25. verb. Aufl., 226 S., 351 Abb., Gr.-8°, 1950 (305) kart. DM 10.—

Das funktechnische Standard-Fachbuch, völlig neu bearbeitet und erweitert um den Ultrakurzwellen-Rundfunk.

Goetsch, Hermann: **Taschenbuch für Fernmeldetechniker**

Herausgegeben von Dipl.-Ing. Alois Ott.

Teil I: 11. Aufl., 249 S., 392 Abb., Kl.-8°, 1948 (220) Hlw. DM 10.—

Teil II: 11. Aufl., 254 S., 341 Abb., Kl.-8°, 1950 (235) Hlw. DM 10.—

In leichtverständlicher, gedrängter Form das Wertvollste aus dem gesamten Fachwissen für Techniker und Ingenieure.

VERLAG VON R. OLDENBOURG · MÜNCHEN

TECHNIK · Nachrichtentechnik

Hantsche, Kurt: **Taschenbuch für Fernsprech-Nebenstellenanlagen.**
Verkehrsmöglichkeiten von Fernsprech-Nebenstellenanlagen und System-
unterschiede. Fragen und Antworten zur Fernsprechornung für die Ver-
triebspraxis.

Erscheint 1951

In Vorbereitung.

Hebel, Martin: **Planungsvorschläge zum Wiederaufbau des deutschen Fern-
sprechnetzes mit Fernwählbetrieb.**

47 S., 30 Abb., Lex.-8°, 1948 (190)

brosch. DM 8.—

Eine Erörterung der grundsätzlich erforderlichen Maßnahmen, neuer Betriebsformen,
moderner Schaltungsweisen und Vermittlungseinrichtungen.

Hettwig, Emanuel: **Fernsprech-Wählanlagen.**

3. erweiterte Auflage, 528 S., 262 Abb., Gr.-8°, 1950 (830)

Hlw. DM 38.—

Eine eingehende Arbeit über das gesamte Gebiet der Fernsprech-Wähltechnik, unter
besonderer Berücksichtigung der Schrittschaltsysteme.

Kleemann, Immo: **Grundlagen der Fernmeldetechnik.**

3. erw. u. verb. Aufl., 292 S., 168 Abb., 1 Anhang, Gr.-8°, 1950 (480)

Hlw. DM 16.—

Einführung in die Hauptgebiete der Draht-Nachrichtentechnik.

Mataré, Herbert: **Empfangsprobleme im Ultra-Hochfrequenzgebiet.**

Etwa 230 S., etwa 214 Abb., Gr.-8°, 1951.

erscheint 1951.

Ein Buch für Physiker, Ingenieure und Techniker, die Empfindlichkeitsprobleme und
Grundlagenfragen im Empfängerbau bearbeiten. Ein Lehrbuch zur Einführung in Rausch-
probleme und neuere Methoden der Hochfrequenzphysik.

Meinke, Hans Heinrich: **Felder und Wellen im Hohlleiter.**

148 S., 131 Abb., Gr.-8°, 1950 (190)

brosch. DM 15.—

Aus der Forschung und Geräteentwicklung auf dem Gebiete der Zentimeterwellentechnik.

Meinke, Hans Heinrich: **Theorie der Hochfrequenzschaltungen.**

Etwa 320 S., 383 Abb., Gr.-8°, 1951.

erscheint 1951.

Grundlegende Erscheinungen, ihre physikalische Veranschaulichung sowie Rechenmetho-
den und Lösungsverfahren für Ingenieure.

VERLAG VON R. OLDENBOURG · MÜNCHEN

TECHNIK · Wärmetechnik · Gesundheitswesen

WÄRMETECHNIK · GESUNDHEITSWESEN

Berichte der Abwassertechnischen Vereinigung e. V.

Herausgegeben von der Abwassertechnischen Vereinigung:

Dr.-Ing. M. Prüß, Essen.

Heft 1: Die Stuttgarter Tagung vom 13.—16. September 1949.

Bearbeitet von Dr. W. Bucksteeg.

232 S., 40 Abb., 12 Tafeln u. Zahlentafeln, Gr.-8°, 1950 (360) brosch. DM 14.—

Die vollständigen Vorträge, Diskussionen und die Tätigkeitsberichte der Arbeitsausschüsse.

Die amerikanischen Einheitsverfahren zur Untersuchung von Wasser und Abwasser.

(Standard Methods for the Examination of Water and Sewage)

Gemeinsam vorbereitet, gebilligt und veröffentlicht durch: „The American public health Association“ and „The American water works Association“.

Übersetzt von Dr. Friedrich Sierp.

Etwa 336 S., 20 Abb., 23 Taf., 1951, Subskriptionspreis Hlw. DM 28.—

(Die Subskription gilt bis zum Erscheinen des Buches.)

Grundlagen zur Vereinheitlichung der Wasseruntersuchungen.

Faber, Alfred: 1000 Jahre Werdegang von Herd und Ofen.

Die technische Entwicklung der häuslichen Feuerstätten bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts.

Aus: Abhandlungen und Berichte des Deutschen Museums in München.

44 S., 31 Abb., 8°, 1950

broch. DM 1.40

Zugleich eine Kulturgeschichte menschlichen Lebens in Wort und Bild!

Hygienisches Memorandum zum Wiederaufbau des deutschen Wohnungswesens.

Aufgestellt vom Wohnungs- und Siedlungshygienischen Ausschuß der „Freien Vereinigung deutscher Hygieniker und Mikrobiologen“ unter besonderer Mitwirkung des Robert-Koch-Institutes für Hygiene und Infektionskrankheiten, des Institutes für Technische Physik in Stuttgart und der Hygienischen Universitätsinstitute in Göttingen und Hamburg.

Fassung Juni 1949 (Liese).

8 S., 1 Abb., 3 Tabellen, 8°, 1949 (10)

geh. DM 2.—

VERLAG VON R. OLDENBOURG · MÜNCHEN

TECHNIK · Wärmetechnik · Gesundheitswesen

Imhoff, Karl: Taschenbuch für Stadtentwässerung.

Mit einem Anhang: „Die deutsche Abwasserwissenschaft in der Kriegszeit“, „Die amerikanische Abwasserwissenschaft im Jahre 1948“ und „Die Gould-Stufenlüftung bei der Abwasserreinigung mit belebtem Schlamm“.

13. Aufl., 395 S., 95 Abb., 12 Taf., Kl.-8^o, 1950 (250) brosch. DM 10.—
(310) geb. DM 11.—

Die Richtlinien für den Abwasserfachmann zur Entwurfsgestaltung neuer Abwasserreinigungsanlagen und für einwandfreie Betriebsführung bestehender Anlagen.

Kollmar, Albrecht: Die Strahlungsverhältnisse im beheizten Wohnraum.
Mit Berechnung der Einstrahlzahlen in der Heiz-, Beleuchtungs- und Feuerungstechnik.

XVI u. 117 S., 29 Abb., 108 Textfig. u. zahlr. Tabellen, Gr.-8^o, 1950 (170)
broch. DM 24.—

Handbuch der Wärmestrahlung in Wohnräumen mit den erforderlichen mathematisch-wissenschaftlichen und technischen Berechnungen und Unterlagen.

Mollier, Richard: is-Diagramm
zu den VDI-Wasserdampfatafeln von W. Koch.

2. Aufl. 1941, Unveränderter Neudruck 1950.

Im Gemeinschaftsverlag mit dem Springer-Verlag Berlin. (Auslieferung ausschließlich durch Springer-Verlag, Berlin-Charlottenburg 2, Jelenstr. 2)

Einfarbige Ausgabe, 50/70 cm, 1 WE = 1 mm DM 1.80
Farbige Ausgabe, 50/70 cm, 1 WE = 1 mm DM 1.80

Nuber, Friedrich: Wärmetechnische Berechnung der Feuerungs- und Dampfkesselanlagen.

11. Aufl., 257 S., 41 Abb., Kl.-8^o, 1949 (170) brosch. DM 9.50
(220) geb. DM 10.50

Die wichtigsten Erfahrungswerte für die Berechnung von Feuerungen, Dampfkesseln, Überhitzern, Vorwärmern usw. nebst Erläuterungen.

Oldenhage, Otto: Die Raumlufffrage in der Industrie.

Gezeigt an Untersuchungen zur Lösung der Raumlufffrage im Textilbetrieb. Beiheft zum „Gesundheits-Ingenieur“.

2. Aufl., 66 S., 18 Abb., 3 Taf., Lex.-8^o, 1951 brosch. ca. DM 12.—

Wertvolle Winke und Fingerzeige zur Planung neuer und zur Beseitigung von Fehlern in bereits vorhandenen Klimaanlageanlagen.

VERLAG VON R. OLDENBOURG · MÜNCHEN

TECHNIK · Wärmetechnik · Gesundheitswesen

Rößler, Julius: Leitfaden für Berechnung und Bau von Stockwerkswarmwasserheizungen.

2. Aufl. etwa 110 S., 85 Abb., Gr.-8°, 1951. erscheint 1951.

Unterlagen für den Bau von Warmwasserheizungen, bei denen Kessel und Heizkörper auf ein und derselben Ebene stehen.

Zeitschriften

Gesundheits-Ingenieur (GI). Zeitschrift für angewandte Hygiene und Gesundheitstechnik in Stadt und Land.

Herausgegeben von W. v. Gonzenbach, Karl Imhoff, Albrecht Kollmar, W. Liese, F. Meinck, F. Puntigam, E. Sprenger.

71. Jahrgang 1950.

Erscheint monatlich als Doppelheft.

Vierteljahresbezug DM 8.40

Im Jahresbezug DM 33.60

Ein Fachblatt maßgeblicher Stellen der Praxis, Verwaltung und Wissenschaft unter besonderer Mitwirkung des Robert-Koch-Instituts für Hygiene und Infektionskrankheiten. Mitteilungsblatt der Abwassertechnischen Vereinigung e. V.

Arbeitsblätter zum „Gesundheits-Ingenieur“.

Arbeitsblatt 1—3: Rechnerisches und zeichnerisches Verfahren zur Bemessung von Rohrleitungen in der Gesundheitstechnik.

Bearbeitet von Heinz Thiesenhusen.

4 S., 4 Tabellen, Lex.-8°, 1949 (20)

DM 1.80

Arbeitsblatt 4—5: Wärmeübergangszahl für Strömung von Wasser in geraden Rohren. — Wärmeübergangszahl für Strömung von Luft und Rauchgasen in geraden Rohren.

2 S., 2 Tabellen, Lex.-8°, 1949 (10)

DM 1.30

Arbeitsblatt 6—7: Mittlere Temperaturdifferenz bei Gleichstrom. Gegenstrom und Kreuzstrom. — Potenzen.

2 S., 3 Tabellen, Lex.-8°, 1949 (10)

DM 1.30

VERLAG VON R. OLDENBOURG · MÜNCHEN

TECHNIK · Gas- und Wasserfach

GAS- UND WASSERFACH

Bayer. Landesstelle für Gewässerkunde: Beiträge zur Gewässerkunde.

133 S., 45 Abb., 14 Tabellen, 6 Planbeilagen, Gr.-8°, 1950 (270)
brosch. DM 14.50

Aus der Arbeit der bayerischen Landesstelle für Gewässerkunde und den Abhandlungen ihrer Referate.

Gandenberger, Wilhelm: Grundlagen der graphischen Ermittlung der Druckschwankungen in Wasserversorgungsleitungen.

Band I der Reihe: Forschungen und Erfahrungen im Wasserfach.

192 S., 128 Abb., Gr.-8°, 1950 (350)

Hlw: mit doppelt herausklappbarem Bilderteil DM 22.—

Praktische Hinweise für den Entwurfs- und Betriebsingenieur des Wasserfaches zur Druckbestimmung und Drucklenkung in Rohrleitungsnetzen.

Handbuch der Gasindustrie, Sonderausgaben.

Herausgegeben von Horst Brückner.

Brückner, Horst: Untersuchungsverfahren für feste Brennstoffe.

VI u. 264 S., 117 Abb., Gr.-8°, 1943 (635) brosch. DM 16.—

Eine Darstellung der physikalischen Prüfverfahren, der Bestimmung der Rohzusammensetzung, von Heizwert und chemischer Zusammensetzung der festen Brennstoffe.

Hock, Heinrich: Horizontalkammeröfen.

99 S., 51 Abb., Gr.-8°, 1938 (180) brosch. DM 6.10

Bauform und Betriebsweise sowie Sonderbetriebsformen der heute wichtigsten Verkoksöfen.

De Jong, Ludwig: Ferngasversorgung.

95 S., 45 Abb., Gr.-8°, 1943 (175) brosch. DM 6.—

Planung, Bau und Betrieb von Ferngasversorgungsanlagen und über die Möglichkeiten einer gesamtdeutschen Verbundwirtschaft.

VERLAG VON R. OLDENBOURG · MÜNCHEN

TECHNIK · Gas- und Wasserfach

Schultes, Wilhelm: **Großgasmessung.**

77 S., 74 Abb., Gr.-8°, 1939 (140)

brosch. DM 4.75

Drehkolbengasmesser und die strömungstechnischen Meßverfahren der Gasindustrie.

Schumacher, E.: **Die Gasenergie.**

Die Gasindustrie in leichtverständlicher Darstellung.

168 S., 95 Abb., 2 Beilagen, 8°, 1948 (290)

Pappb. DM 12.—

Die wichtigsten Begriffe, Zahlen, Berechnungen und Meßverfahren des Gasfaches in leichtverständlicher Darstellung.

Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern: **Richtlinien für die Berechnung der Kaltwasserleitungen in Hausanlagen.**

Berechnungsanleitung zu DIN 1988 (Neudruck 1948).

15 S., 7 Abb., Lex.-8°, 1949 (30)

geh. DM 3.—

für Mitglieder des DVGW DM 2.—

Zeitschriften

Das Gas- und Wasserfach (GWF). Fachblatt für das Gesamtgebiet der Gastechnik, Gaswirtschaft und des Wasserversorgungswesens.

Herausgegeben von Heinrich Kaun.

91. Jahrgang 1950.

Erscheint vierzehntägig.

Vierteljahresbezug DM 13.50

Jahresbezug DM 54.—

Ausgabe „Gas“ oder „Wasser“

im Vierteljahresbezug DM 9.—

im Jahresbezug DM 36.—

Zeitschrift des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern (DVGW).

Beilage zum GWF: **Bau und Betrieb.**

Die unter diesem Titel erscheinenden Veröffentlichungen bringen Erkenntnisse der Forschung und Wissenschaft, Ergebnisse der Normung sowie Erfahrungen der Praxis in kurzen Einzelbeiträgen.

Erscheint sechsmal im Jahr.

Preis je nach Umfang DM 1.10

bzw. DM 0.70

VERLAG VON R. OLDENBOURG · MÜNCHEN

TECHNIK · Allgemein

ALLGEMEIN

Schlomann, Alfred: **Illustrierte technische Wörterbücher** in 6 Sprachen:
Deutsch — Englisch — Französisch — Russisch — Spanisch — Italienisch.

Band 14: **Faserrohstoffe.**

504 S., 6350 Wortstellen, 434 Abb. u. zahlr. Formeln,
Gr.-8°, 1929 (850)

Hlw. DM 16.—

Band 15: **Spinnerei und Gespinnste.**

957 S., 10500 Wortstellen, über 1200 Abb., Gr.-8°, 1929 (1700) Lw. DM 27.—

Ein sechssprachiges Nachschlagewerk aller technischen Fachausdrücke aus der Berufs-
praxis der Textilindustrie.

Schmachtenberg, Helmut: **Umrechnungstabellen für deutsche, englisch-
amerikanische und russische Maße und Gewichte.**

53 S., Gr.-8°, 1948 (90)

brosch. DM 3.60

Ein praktisches Hilfsmittel zum Vergleich deutscher, englisch-amerikanischer und russischer
Maß- und Gewichtssysteme.

Zawadzki, Richard: **Tabellen für den Konstrukteur.**

16 S., 16°, 1947 (10)

geh. DM 1.20

Zawadzki, Richard: **Formeln und Werte für den Konstrukteur.**

2 Teile, 32 S., 16°, 1947 (10)

je geh. DM 1.20

Zeitschriften

Archiv für Technisches Messen (ATM). Ein Sammelwerk für die gesamte
Meßtechnik.

Begründet von Georg Keinath, herausgegeben von Franz Moeller.

Erscheint monatlich.

Einzelheft DM 2.80

Vierteljahresbezug DM 8.40

Die im In- und Ausland seit langem bewährte Zeitschrift der gesamten Meßtechnik.

Archiv für Technisches Messen (ATM).

Mikrofilmausgabe der Lieferungen 1—150.

4428 S. auf 123 Filmblättern, Format 9 × 12 cm

DM 350.—

VERLAG VON R. OLDENBOURG · MÜNCHEN

WIRTSCHAFT

WIRTSCHAFT

Löffelbein, Kurt: **Zum Umbau der deutschen Wirtschaft.**

156 S., 8°, 1949 (160)

brosch. DM 6.50

Vogt, Hans: **Probleme der Versorgungswirtschaft.**

264 S., 48 Abb., 20 Zahlentaf., 1 Anhang, Gr.-8°, 1950 (470) Hlw. DM 17.50

Betriebswirtschaftliche Betrachtungen der Strom-, Gas- und Wasserversorgung.

Waibel, Georg: **Der Wechsel- und Giroverkehr in der bargeldlosen Zahlungsweise.**

38 S., 13 Abb., Gr.-8, 1948 (60)

brosch. DM -.60

Eine kurze Einführung in den bargeldlosen Zahlungsverkehr unter Betonung der heute wieder wichtigen Lehre vom Wechsel als Zahlungsmittel.

Walter, F. Wilhelm: **Was bedeutet was?**

24 S., 16', 1948 (20)

brosch. DM -.75

Die gebräuchlichsten Abkürzungen der englisch-amerikanischen Umgangssprache.

Wessels, Theodor: **Tagungsberichte des Energiewirtschaftlichen Institutes an der Universität Köln.**

Heft 1: **Wirtschaftliche und rechtliche Grundfragen der Energiewirtschaft.**

212 S., 8 Abb., Gr.-8°, 1949 (330)

brosch. DM 8.80

Heft 2: **Preis- und Tarifrfragen der Energieversorgung.**

248 S., 13 Abb., Gr.-8°, 1950 (332)

z. Z. vergriffen.

Heft 3: **Probleme der Energieverbundwirtschaft.**

etwa 272 S., 46 Abb., Gr.-8°, 1951

erscheint Ende 1950

Zeitschriften

Das rationelle Büro (DrB). Zeitschrift für rationelle Gestaltung und Nutzung der Büroarbeit, der Büromittel und der Büroräume in der privaten und öffentlichen Wirtschaft und Verwaltung.

Herausgegeben von Robert Rosenkranz.

1. Jahrgang 1950.

Erscheint monatlich.

Einzelheft DM 2.80

Vierteljahresbezug DM 8.40

im Jahresbezug DM 33.60

VERLAG VON R. OLDENBOURG · MÜNCHEN

NAMENVERZEICHNIS

NAMENVERZEICHNIS

Abwassertechnische Vereinigung 9

Bayer. Landesstelle f. Gewässerkunde 12

Brückner, Horst 12

Bucksteeg, Wilhelm 9

Degen, Mathias 3

DVGW 13

Faber, Alfred 9

Föppl, August 3

Föppl, Ludwig 3

Fuchs, Franz 7

Gaede, Wolfgang 4

Gandenberger, Wilhelm 12

Goetsch, Hermann 7

Gonzenbach, Wilhelm von 11

Gruber, Benedikt 5

Gruber, Hans 6

Hantsche, Kurt 8

Hebel, Martin 8

Heindl, Rudolf 4

Hencky, Heinrich 3

Henning, Walther 6

Hettwig, Emanuel 8

Heydmann, Max 7

Hock, Heinrich 12

Holzer, Karl A. 4

Imhoff, Karl 10, 11

de Jong, Ludwig 12

Kauri, Heinrich 13

Kleemann, Immo 8

Kollmar, Albrecht 10, 11

Liese, Walter 9, 11

Löffelbein, Kurt 15

Mataré, Herbert 8

Meinck, Fritz 11

Meinke, Hans Heinrich 8

Michel, Otto 7

Moeller, Franz 14

Mollier, Richard 10

Nuber, Friedrich 10

Oberdorfer, Günther 6

Oldenbourg, Rudolf C. 4

Oldenborge, Otto 10

Ott, Alois 7

Peters, Albert 7

Poschenrieder, Franz 6

Prüß, Max 9

Puntigam, Ferdinand 11

Rauck, Max J. B. 5

Rößler, Julius 11

Rosenkranz, Robert 15

Schilling, Walter 6

Schlomann, Alfred 14

Schmachtenberg, Helmut 14

Schmidt, Fritz A. F. 5

Schnack, Emil 4

Schultes, Wilhelm 13

Schumacher, Ernst 13

Schumann, Winfried Otto 6

Schwaiger, Anton 6

Sartorius, Hans 4

Sierp, Friedrich 9

Sonntag, Gerhard 3

Sprenger, Ernst 11

The American Public Health Association 9

The American Water Works Association 9

Thiesenhausen, Heinz 11

Vogt, Hans 15

Waibel, Georg 15

Walter, F. Wilhelm 15

Walter, Michael 7

Wessels, Theodor 15

Zawadzki, Richard 14

91 00 00:04

FERNMELDETECHNISCHE ZEITSCHRIFT



Herausgeber:

Dipl.-Ing. J. WOSNIK, Düsseldorf

Schriftleitung:

Dipl.-Ing. H. BORNEMANN, Frankfurt/M.

Dr.-Ing. R. FÜHRER, München

Dr.-Ing. J. GROSZKOPF, Darmstadt

Prof. Dr. H. MEINKE, München

Dipl.-Ing. Dr. H. RINDFLEISCH, Hamburg

Die FTZ ist das Zentralblatt für die elektrische Nachrichtentechnik und ihre Grenzgebiete. Sie ist als einschlägiges Ingenieurorgan von den dazu berufenen Stellen, so von Hochschulen und Industrie, von VDE und ZVEI, von der Deutschen Bundespost und von Entwicklungsinstituten, anerkannt.

VERLAG FRIEDR. VIEWEG & SOHN · BRAUNSCHWEIG

DIE FTZ

BRINGT

Aufsätze über Neuentwicklungen, Berichte über die Fortschritte in allen Bereichen der Nachrichtentechnik und ihrer Grenzgebiete, Hinweise auf die Fachliteratur des In- und Auslandes, Referate über wichtige Aufsätze, besonders der ausländischen Fachzeitschriften, und unsere Fachgenossen interessierende Mitteilungen verschiedener Art.

BEHANDELT

in Original- und Überblickaufsätzen den gesamten Bereich des Fachgebiets: die drahtgebundene und die drahtlose Technik, einschlägige physikalische Grundlagen und Vorgänge, Geräte, Bauteile und Werkstoffe, elektroakustische Fragen und Geräte, Meßeinrichtungen und -Verfahren, Netzgestaltung und Wirtschaftlichkeitsfragen, neuere Anwendungen unserer spezifischen Technik in anderen Arbeitsgebieten u. a. m.

BERICHTET

über internationale Konferenzen und Vereinbarungen, über Fernmeldebetrieb und -Wirtschaft im In- und Ausland, über Vorgänge im VDE, an Hochschulen und Instituten, über wichtige Patentangelegenheiten und im üblichen Rahmen über Persönliches.

Von der Schriftleitung bearbeiten aus den großen Teilgebieten unseres Fachs die Herren Dipl.-Ing. H. Bornemann die Übertragung auf Leitungen und die internationale Zusammenarbeit in Fernmeldetechnik und -Betrieb, Dr.-Ing. Führer die Telegraphen-, Fernsprech- und Signaltechnik, Dr. J. Großkopf und Prof. Dr. Meinke die Hochfrequenz- und Funktechnik und Dr. Rindfleisch die Elektroakustik.

Die guten Leistungen, die die FTZ in der kurzen Zeit ihres Bestehens gezeigt hat, führte zu einer neuen Aufgabe für sie, die ihr von einem Kreis maßgeblicher Fachgenossen gestellt wurde. Obwohl in der FTZ schon immer zu einem erheblichen Teil Hochfrequenzthemen behandelt wurden, sollte sie jetzt auch das Ingenieurorgan für die gesamte Hochfrequenz werden.

Aus diesem Anlaß wurde der Heftumfang vom Januar 1951 ab ohne Preisänderung von 40 auf 48 Seiten vermehrt. Alle großen Sparten unseres Fachs werden in jedem Heft mit einem im wesentlichen gleichbleibenden Anteil vertreten sein. Künftig werden wir auch dazu übergehen, einen Teil der Themen in konzentrierten Kurzaufsätzen zu behandeln. Wir glauben, damit unseren Lesern einen vollständigen Überblick über unser Fachgebiet geben zu können. Sie können sich laufend über die Entwicklung und die Fortschritte in ihren besonderen Interessengebieten und in den benachbarten Gebieten, zu denen die Beziehungen immer häufiger und enger werden, unterrichten und werden im Laufe der Zeit ein höchst wertvolles Nachschlagewerk erhalten.

Die einschlägige Industrie sei darüber hinaus auf die Werbemöglichkeit durch Inserate und eine „Mitteilung aus der Industrie“ hingewiesen, die wegen des Charakters der FTZ als Fachorgan einen klar bestimmten Kreis — auch des Auslandes — ansprechen und daher wirkungsvollste Beachtung finden. Auskunft erteilt der Verlag.

Monatlich erscheint 1 Heft von 48 S. bei einem Vierteljahrspreis von 7.— DM. Bestellungen bei jeder Postanstalt, beim Verlag oder beim Buchhandel. VDE-Mitglieder beziehen die FTZ über ihren Verein zum Preis von 6.— DM.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2014/12/22 :
CIA-RDP80-00926A004000480001-6 **TELLKARTE**

Ich (wir) bestelle(n) hiermit aus dem Verlag Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig

..... Exemplar... **FTZ / Fernmeldetechnische Zeitschrift**

zur Fortsetzung ab

je Exemplar... Einzelhefte, Jahrgang Nr.

Vierteljährlich (3 Hefte) DM **7.—** / Einzelheft DM **2.80**

.....
Ort und Straße

.....
Name

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2014/12/22 :
CIA-RDP80-00926A004000480001-6

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2014/12/22 :
CIA-RDP80-00926A004000480001-6

DRUCKSACHE

An



Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2014/12/22 :
CIA-RDP80-00926A004000480001-6

Folgende Beiträge sind u. a. im Jahrgang 1951 erschienen oder vorgesehen:
Abart, Das Wählsystem '50.

Barkow, Die Unsymmetrie des Frequenzhubes, insbesondere bei Breitband-Richtverbindungen mit Frequenzmodulation. •

Bergtold, Beschallung von Räumen und Plätzen.

Bornemann, Tagung von CCIF-Kommissionen in Genf.

Boucke, Über eine Einrichtung zur Frequenzmodulation von Sendern mit Hilfe vormagnetisierter HF-Eisenkernspulen.

Buchmann und Küpfmüller, Fortschr. i. d. Entwicklung elektrodyn. Lautsprecher.

Doldinger, Brückenkabel oder Flußkabel.

Düll, Trägerfrequenz-Fernkabel.

Dünn und Pleuger, Neue Bespulung für Fernleitungskabel.

Eckart, Über ein einfaches Modell eines atmosphärischen Wellenleiters.

F. A. Fischer, Tagung über Nachrichtentheorie.

Fricke, Über die Arbeitsbedingungen von Reaktanzschaltungen zur Erzielung sehr großer Blindwiderstandsänderungen.

R. Führer, Hörzeichen im Fernsprechwählverkehr.

—, Einführung in die Technik des Elektronenwählers.

—, Gebührenanzeiger für Selbstwählferndienst.

—, Die Technik des Münzfernsprechers für den Selbstwählferndienst.

Gastell, Einige neue Meßgeräte der Tonfrequenztechnik.

Goebel, Schallspeicherungs-Tagung im Fernmeldetechnischen Zentralamt.

Graziadei, Ein neues Verfahren zur Obenspeisung von schwundmindernden Funkmasten.

H. Großkopf, Neuere Mikrofone.

J. Großkopf, UKW-Ausbreitung im Bereich von 30—100 MHz.

—, Das Reflektometer, ein Präzisionsinstrument in der UKW-Meßtechnik.

—, Überreichweiten bei der UKW-Ausbreitung.

Gundlach, Durchgriffs-Steuerröhren.

Güttner, Akustische Wandler für Hörhilfen.

Hettwig und K. Rohde, Neue Bemessungsunterlagen für die Ermittlung des Bedarfs an Leitungen und Wählern.

Hettwig und Töpfer, Steuerfernwahl.

—, Gebührenerfassung im Selbstwählferndienst.

Kirschstein, Der Stand der Fernsehtechnik in den Vereinigten Staaten.

Kleen, Das Rauschen der Empfänger.

E. Koch, Über die Pegelregulierung langer Fernleitungen.

Werner Kluge, Aufgaben und Bewährung gesteuerter Entladungsgefäße in der Regeltechnik.

Kreuzritter, Die experimentelle physik. Darstellung modulierter Ströme u. ihre vergleichende Betrachtung an Hand eines einfachen Versuchsaufbaues.

Kroebe, Anzeige- und Meßgeräte mit gleitender Oszillator- oder Generator-Frequenz.

Kronjäger, Über eine einfache Anordnung zur Ermittlung der statischen Verteilung unregelmäßiger elektrischer Vorgänge (Häufigkeitszähler).

Kropp, Die Stromversorgung von Großsendern.

Lennertz, Beschaltung der Fernplätze mit Fernleitungen.

Macek, Hohlkabel-Meßleitungen für Zentimeterwellen.

Meinke, Einfache Verzweigungen von Leitungen und Hohlleitern.

—, Blenden in Hohlleitern.

—, Der Thermistor.

—, Elektromagnetische Wellen in inhomogenen Bauelementen der Höchstfrequenztechnik.

Meyer-Eppler, Die Messung der Frequenzcharakteristik durch einmalige oder wiederholte Schaltvorgänge.

Meyer-Eppler, Untersuchungen an Übertragungssystemen durch wiederholte und rückläufige Überspielung.
H. Müller, Betriebsüberwachung von Fernsprechanlagen.
Joh. Müller, Die Bestimmung des Amplituden- und Phasenganges von linearen Übertragungssystemen mit Hilfe von Rechteckwellen.
Nitsche, Hochfrequenz-Steckverbindungen.
Pausch, Landesfernwahl und Tarifgestaltung.
Pausch und Thurmayer, Mittelwertsnetzbild eines Zentralamtsbereichs.
Pavel, Die CCIF-Empfehlungen über Rundfunkleitungen von Paris 1949.
Pavel-Liersch, Kontroll- und Meßeinrichtungen für Rundfunkleitungen.
Pavel, v. Schau und Schwenn, Das Rundfunkleitungsverstärkersystem 48.
R. Piloty, Elektronische Rechenmaschinen.
Prell und Thalinger, Ein Tonwahlempfänger mit Schutzzeit.
Preßler, Das Hochfrequenzgesetz.
Prokott, Impulsgeber für die Nachrichtentechnik.
Reichel, Über neue amerikanische Richtlinien für die Messung von Fernseh-Übertragungsgrößen.
Rindfleisch, Untersuchungen über Laufzeitverzerrungen an Rundfunkübertragungsleitungen.
Ring, Messungen an den Trägerfrequenz-Fernsprechanlagen V 60.
K. Rohde, Der Stand der Fernwahl in den USA.
Ruppel, Senden und Empfang zirkular polarisierter Mikrowellen mit gemeinsamer Antenne.
Salow, Über die Anwendung von Germaniumtrioden für die Verstärkung nieder- und mittelfrequenter Wechselströme.
K. O. Schmidt, Antennen für Richtfunkanlagen.
—, Die Bestimmungsgrößen eines Dezimetersystems mit Zeit-Impulsmodulation.
Schnitger, Über die Herstellung richtungsabhängiger elektronischer Dämpfungen mit Wanderfeldröhren.
—, Wanderfeldröhren.
W. Scholz, Die Wirkungshöhe troposphärischer Inversionsschichten bei der UKW-Ausbreitung.
Schreck, Konstante Schwingungskreise für hohe Frequenzen.
—, Einrichtungen zur Messung des Temperaturkoeffizienten von Spulen, Kondensatoren und Schwingungskreisen.
Schunack, Farbfernsehen.
Schwartz, Das Zwischenpunktsystem und die neuere Entwicklung im amerikanischen Farbfernsehen.
Seelman-Eggebert, Ein Regler zur gerechten Verteilung der Anrufe im halb-automatischen Fernverkehr.
—, Der Platzsucher, ein Mittel zur Verbesserung des Ferndienstes.
A. Simon, Die Behandlung von Verstärkerschaltungen im U_a/U_g -Kennlinienfeld.
Steinbuch, Ein neues Magnetron-Ansagegerät.
—, Elektronische Nachrichtenspeicher.
Töpfer, Doppelzähler.
—, Der vereinfachte Selbstwählerdienst.
Vetter, Vollautomatische Pufferung von Batterien in Wählerämtern.
Weinitschke, Ein Verfahren zur Messung von Reaktanzen und Scheinwiderständen mit der Doppelspannungsteilerschaltung.
Werner, Betrachtungen zur Frage der Betriebsdämpfung des Fernleitungsübertragers.
Wetzorke, Ein theoretischer Versuch zur Eliminierung der Pfeifstörung im Überlagerungsempfänger.
Wucherer, Ein Meßgerät für schwachdämpfende Übertragungssysteme.
Zerbel, Das deutsche Trägerfrequenzsystem V 60.



VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN

① BERLIN-WILMERSDORF · HOHENZOLLERN DAMM 169

(West-Berlin)



Soeben — Juni 1951 — erschien der erste Teilband!

Edmund v. Rziha

STARKSTROMTECHNIK

TASCHENBUCH FÜR ELEKTROTECHNIKER

ACHTE vollständig neubearbeitete Auflage.
Schriftleiter: Dr.-Ing. **Rudolf Genthe**

1. Teil

DIN A 5. VIII., 308 Seiten mit 306 Textabbildungen und zahlreichen Tafeln. Geheftet (Dünndruck) DM 24,—.

Die Neuauflage der „Starkstromtechnik“ erscheint voraussichtlich in fünf Teilen, deren jeder etwa 300 Seiten Umfang aufweisen wird.

Die übrigen Teile erscheinen in Abständen von etwa vier bis fünf Monaten; zum letzten Teil wird eine Einbanddecke (Ganzleinen mit Vorsatz) geliefert.

Nach Erscheinen des letzten Teiles ist die „Starkstromtechnik“ nur noch geschlossen als Ganzleinen-Ausgabe erhältlich!

Die „Starkstromtechnik“ ist das bewährte, reichhaltige Nachschlagewerk für schaffende Ingenieure und Studierende. Namhafte Theoretiker und erfahrene Praktiker behandeln das weitgespannte Gebiet und berücksichtigen dabei den neuesten Stand der in- und ausländischen Technik. Tabellen und Literaturangaben bereichern den Text.

(Ausführliche Inhaltsangaben auf den nächsten Seiten!)

Zu beziehen durch:

Fr. Weidemann's Buchhandlung
(H. Witt)

(20a) Hannover, Am Steintor

Inhaltsangabe mit Hinweisen aus dem Vorwort:

1. Teil

1. Abschnitt: Physikalische Grundlagen

Mit Beiträgen von **Dießelhorst**-Braunschweig, **Schwaiger**-München, **Bartholomeyczki**-Braunschweig.

Der erste Abschnitt enthält Beiträge über die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik. Es wird die elektromagnetische Feldtheorie auf Maxwell'scher Grundlage behandelt und ein Abriß der elektrischen Festigkeitslehre gebracht. Weiterhin ist ein Kapitel über atomphysikalische Grundlagen vorgesehen. Auf eine Behandlung dieses Themas kann nicht verzichtet werden. Das Vertrautsein mit Fragen aus diesem Wissensgebiet wird heute auf der Hochschule verlangt und ist für das Verständnis der Vorgänge bei Gleichrichtung im Vakuum oder z. B. bei Trockengleichrichtern erforderlich.

2. Abschnitt: Messungen

Mit Beiträgen von **Krönert**-Erlangen, **Bauer**-Berlin, **Lukschik**-Berlin, **Görlacher**-Mülheim-Ruhr, **Beetz**-Nürnberg.

Der Abschnitt wurde neu aufgezogen und enthält Angaben über die geläufigen Apparate, Schaltungen und Meßmethoden für Spezialzwecke. Die für die Überwachung oder Inbetriebnahme von Maschinen und Transformatoren erforder-

lichen Messungen werden hier ebenfalls beschrieben.

3. Abschnitt: Stoffkunde

Beitrag von **Heering**-Berlin.

Die Stoffkunde für den Elektroingenieur enthält in umfassenden Tabellen die Kennzahlen von Metallen, organischen und anorganischen Isolierstoffen. Die Einfügung dieses Abschnittes schien besonders dringend, da vielen Elektroingenieuren die in der Literatur verstreut gebrachten Angaben nicht zugänglich sind und die Beurteilung meist nach unterschiedlichen Richtlinien erfolgt. Die Erkenntnisse des Auslands sind weitgehend berücksichtigt.

4. Abschnitt: Gleichrichter

Mit Beiträgen von **Meyer-Dellius**-Mannheim, **Nowag**-Mannheim, **Tschermak**-Berlin.

Gegenüber der 7. Auflage wurde entsprechend der gestiegenen Bedeutung und Verbreitung ein größerer Raum zur Verfügung gestellt. Nicht nur die Gleichrichtung im Vakuum wird eingehend behandelt, sondern auch die Trockengleichrichter und die mechanischen Gleichrichter (Kontaktumformer), die auf einigen Anwendungsgebieten sich eingeführt und ihre Daseinsberechtigung bewiesen haben, werden erklärt.

5. Abschnitt: Akkumulatoren

Beitrag von **Wirhs**-Berlin.

2. Teil

6. Abschnitt: Maschinen und Transformatoren

Mit Beiträgen von **Zorn**-Berlin, **Raymund**-Mülheim-Ruhr, **Tittel**-Berlin, **Seitz**-München, **Unger**-Braunschweig.

Der zweite Teil ist der Theorie, Berechnung und Konstruktion der elektrischen Maschinen und Transformatoren gewidmet und enthält Angaben über Gleichstrommaschinen, Asynchronmaschinen, Synchronmaschinen, Kommutatormaschinen und Transformatoren.

*

3.-5. Teil

In diesen Teilen werden behandelt: Elektrische Schalter für Hoch- und Niederspannung, sonstige elektrische Geräte (Magnete, Kondensatoren usw.), die Stromerzeugung im Kraftwerk, die Energieverteilung und der Energieverbraucher. Im einzelnen sind folgende Abschnitte vorgesehen:

Schaltgeräte für Hoch- und Niederspannung Bauelemente

Anlasser — Widerstände — Magnete — Kondensatoren — Isolatoren — Sonstige Bauelemente — Schaltbilder — Installationsmaterial.

Stromerzeugung

Planung und Bau von Wärmekraftwerken, Wasserkraftwerken und Windkraftwerken — Automatische Anlagen — Umspannwerke und Schaltanlagen — Eigenbedarf — Schaltbilder — Selektivschutz — Fernbedienung.

Elektrische Energieübertragung und Verteilung

Übertragungssysteme und Netzformen — Material- und Betriebskonstanten — Planung und Berechnung von Verteilungsleitungen und Hochspannungsübertragungen — Spannungshaltung und Spannungs-Regeleinrichtungen — Leistungs- u. Frequenzregelung — Blindstrom u. Blindstromkompensation — Kurzschlußströme u. Überstromschutz — Erdschlußströme u. Erdschlußschutz — Überspannung und Überspannungsschutz — Isolationsbemessungen — Beeinflussung von Fernmeldeleitungen — Ausführung von Freileitungen — Isolatoren — Ausführung von Kabeln — Installation.

Antriebstechnik in Industrieanlagen

Grundsätzliches — Textilindustrie — Papierindustrie — Druckereien — Leder- und Gummiindustrie — Metallindustrie — Holzindustrie — Bergwerke — Walzwerke — Chemische Industrie — Keramische Industrie — Nahrungsmittelindustrie — Hebezeuge — Pumpen- und Wasserwerke — Lüfter und Verdichter — Elektrofiter — Kleingewerbliche Betriebe.

Hochfrequenz, U-V., Ultraschall Elektrowärme

Schmelzen — Schweißen — Glühen — Trocknen — Eindampfen — Wärme im Haushalt.

Elektrische Beleuchtung

Elektrische Bahnen

Elektrizität in der Landwirtschaft Schiffbau

... und hier eine Leseprobe aus der neuen „STARKSTROMTECHNIK“:

Mit den Umrechnungsfaktoren, welche auf Grund der Messungen der verschiedenen Zentralinstitute 1946 in Paris vereinbart wurden, erhält man die Beziehungen

1 int. Ohm = 1,00049 abs. Ohm
1 int. Volt = 1,00034 abs. Volt
1 int. Amp = 0,99985 abs. Amp
1 int. Wattsec = 1,00019 abs. Wattsec

Auch bei Benutzung der neu verabredeten absoluten elektrischen Einheiten sollen alle Präzisions- und Anschlußmessungen wieder an die Sätze von Draht-Ohmnormalen und Weston-Normalelementen angeschlossen werden, deren eingeprägte Spannung in diesen neuen Einheiten bei 20° C vereinbarungsgemäß 1,0186 $\frac{1}{5}$ abs. Volt beträgt.

Ferner folgt für die mechanischen Einheiten:

Energie: 1 abs. Wattsec = 1 abs. Joule (J) = 10⁷ erg = 0,101972 mkp¹) = 0,238844 cal²)
= 0,99981 int. Wattsec
Masse: 1 abs. Wattsec/m² = 1 kg = 0,99981 int. Wattsec²/m²
Kraft: 1 abs. Wattsec/m = 1 Newton (N) = 10⁵ dyn = 0,101972 kp
= 0,99981 int. Wattsec/m

Umgekehrt hat man

1 mkp = 9,80665 abs. Wattsec = 2,3423 cal = 9,8048 int. Wattsec
1 cal = 4,1868 abs. Wattsec = 0,42694 mkp = 4,1860 int. Wattsec
1 PS = 75 mkp/s = 735,50 abs. Watt = 735,36 int. Watt

Da der Unterschied zwischen den neuen absoluten und den alten internationalen Einheiten für die Zwecke dieses Buches nicht sehr wesentlich ist, so sind die Zusätze „abs.“ und „int.“ im späteren Text meist fortgelassen.

4. Vielfache und Bruchteile der Einheiten werden bezeichnet durch Vorsetzen der Buchstaben

D = Dekka = 10¹ d = Dezi = 10⁻¹
h = Hekto = 10² c = Zenti = 10⁻²
k = Kilo = 10³ m = Milli = 10⁻³
M = Mega = 10⁶ μ = Mikro = 10⁻⁶
G = Giga = 10⁹ n = Nano = 10⁻⁹
T = Tera = 10¹² p = Pico = 10⁻¹²

Abweichung von der Bezeichnung bei dekadischer Teilung:

10⁶ g = t = Tonne, nicht Mg und Megagramm.

10⁻⁶ m = μ = Mikron, nicht μ m und Mikrometer.

Ein Millimikron (Nanometer) wird durch m μ bezeichnet.

Für Lichtwellenlängen ist üblich: Å = Ångström, praktisch gleich 10⁻⁸ cm.

Tafel 1. Energie-Einheiten. (El. Einheit absolut)

	mkp	erg	Ws	cal
1 mkp =	1	0,980 665 · 10 ⁸	9,806 65	2,342 25
1 erg =	1,019 716 · 10 ⁻⁸	1	10 ⁻⁷	2,388 44 · 10 ⁻⁹
1 Wattsec =	0,101 9716	10 ⁷	1	0,238 844
1 cal =	0,426 939	4,186 84 · 10 ⁷	4,186 84	1
1 Kubikzentimeter-atmosphäre . . =	1,033 227 · 10 ⁻²	1,013 250 · 10 ⁶	0,101 3250	2,420 08 · 10 ⁻⁶

Seit Jahrzehnten in aller Welt verbreitet!

„Die Bautechnik“, 28. Jahrgang 1951. Fachschrift für das gesamte Bauingenieurwesen mit Beilage „Der Stahlbau“. Inland vierteljährlich DM 9,—, Ausland jährlich DM 36,—, Einzelheft DM 3,50 und Zustellgebühren.

„Beton- und Stahlbetonbau“, (früher Beton und Eisen). 46. Jahrgang 1951. Die Fachschrift für jeden Betonbauingenieur. Inland vierteljährlich DM 7,50, Ausland jährlich DM 30,—, Einzelheft DM 3,— und Zustellgebühren.

„Der Stahlbau“, im 20. Jahrgang 1951 wieder als selbständige Zeitschrift. Inland halbjährlich DM 7,50, Ausland jährlich DM 15,—, Einzelheft DM 1,50 und Zustellgebühren.

Bitte fordern Sie unverbindlich Probehefte und Werbeschriften an!

SPRINGER-VERLAG · BERLIN



GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Soeben erschien:

Mai 1951

Brennschneiden

(Autogenes und elektrisches Schneiden)

Von

Hans A. Horn

Oberingenieur

Direktor der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalt Berlin

Mit 174 Bildern. VI, 161 Seiten. 1951. DMark 12.60

Wenn im reichhaltigen schweißtechnischen Schrifttum das Brennschneiden — man darf wohl sagen — als nebensächliches Fachgebiet behandelt und meistens nur mit wenigen Sätzen abgetan wird, so ist das in Anbetracht der technischen und wirtschaftlichen Bedeutung dieses Metallbearbeitungsverfahrens zweifellos als ein Mangel anzusehen. Um diese Lücke zu schließen und den an den Verfasser ergangenen Wünschen Rechnung zu tragen, erschien die Herausgabe des vorliegenden Buches gerechtfertigt.

Das Hauptgewicht hat der als Herausgeber des zweibändigen Handbuches der Schweißtechnik bekannte Verfasser auf die beim Brennschneiden sich abspielenden vielfältigen metallurgischen Vorgänge und auf die Technik des Schneidens und seine praktische Anwendung gelegt und Geräte, Maschinen und sonstige Einrichtungen nur so weit behandelt, als es für das Verständnis der sachgemäßen und wirtschaftlichen Verfahrensanwendung unerlässlich ist. Hingegen wurden das Unterwasserschneiden sowie die in den letzten Jahren in Aufnahme gekommenen neueren Verfahren des Sauerstoff- und Fugenhobelns, des Pulver- und Betonschneidens und nicht zuletzt des elektrischen Schneidens mit Sauerstoff ausführlich dargestellt.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Horn / Brennschneiden

INHALTSÜBERSICHT

A. Grundsätzliches über das Brennschneiden

1. Geschichtliches — 2. Wesen des Brennschneidens — 3. Schneidbarkeit der Metalle — 4. Anwendbarkeit des Brennschneidens — 5. Schnittarten

B. Die Schneideinrichtungen

1. Schneidanlagen — Allgemeines — Gasquellen — Druckminderer — Gasschläuche — 2. Schneidbrenner — a) Einrichtung der Schneidbrenner — Grundformen — Düsenanordnung — Schneiddüsenbohrungen — Führungswagen — Andere Führungsvorrichtungen — b) Schneidbrennerarten — Allgemeines — Normung — Brennerbauarten — Sonderbrenner — Maschinenschneidbrenner — 3. Schneidmaschinen — Allgemeines — a) Einzweckmaschinen — Längsschneidmaschinen — Profilstahl-Schneidmaschinen — Kreis-Schneidmaschinen — Wellenschneidmaschine — Rohrschneidmaschinen — b) Schneidmotoren — c) Ortsfeste Schneidmaschinen — Allgemeines — Aufstellung und Behandlung der Maschinen — Universalschneidmaschinen — d) Maschinenschnittführung — Schneiden nach Werkstückanriß — Schneiden nach Zeichnung — Schneiden nach Schablone — Kinematik-Schnitte

C. Der Brennschnitt

1. Schnittdicke — 2. Schnittfugenbreite — 3. Schnittgeschwindigkeit — 4. Aussehen der Schnittflächen — 5. Schnittgenauigkeit

D. Technik des Brennschneidens

1. Handhabung des Handschneidgeräts — 2. Störungen beim Brennschneiden — 3. Schnittauführung — Brennerhaltung und -bewegung — 4. Schnittansatz — Allgemeines — Schnittbeginn an Werkstückkanten — Schnittbeginn in Werkstückflächen — 5. Maschinelle Schablonschnitte — Feststehende Schablonen — Verstellbare Schablonen — 6. Ausführungsbeispiele — a) Maschinenbau — Allgemeines — Beispiele — Werkstückanriß — b) Stahlbau — c) Schneiden im Kunsthandwerk — 7. Blechstapelschneiden — Allgemeines — Vorbereiten der Bleche — Schnitticken — Schnittauführung — 8. Brennschneiden in anderen Lagen — 9. Demontage und Verschrottung — Allgemeines — Konstruktionsschrott — Wellenverschrotten — Panzerverschrottung — Stahlgußschnitte — 10. Sauerstoff- und Fugenhobler — a) Sauerstoffhobler — b) Fugenhobler — Arbeitsweise — Anwendung — Wirtschaftlichkeit

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2014/12/22 :
CIA-RDP80-00926A004000480001-6

BUCHERZEITUNG

An die Buchhandlung



Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2014/12/22 :
CIA-RDP80-00926A004000480001-6

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2014/12/22 :
CIA-RDP80-00926A004000480001-6

Ich bestelle hiermit

..... Expl. **HORN, Brennschneiden**

DM 12.60

Ferner : _____

(Springer • Verlag / Berlin • Göttingen • Heidelberg)

Name (möglichst Stempel): _____

Genaue Adresse: _____

_____ Datum: _____

Horn / Brennschneiden

E. Metallurgie des Brennschneidens

1. Schneidbarkeit der Stähle — a) Einfluß der chemischen Beschaffenheit des Werkstoffs — Allgemeines — Abhängigkeit der Schneidbarkeit von den Legierungselementen — Schneidgrenzen — Nicht schneidbar — Beschränkt schneidbar — Schneidbar — b) Einfluß der physikalischen Beschaffenheit des Werkstoffs — c) Spannungen — d) Anlaß- und Warm-schnitte — 2. Einfluß des Schneidens auf den Werkstoff — a) Einfluß der Heizflamme — Allgemeines — Heizgasart — b) Einfluß des Schneid-sauerstoffs — Sauerstoffdruck — Sauerstoffreinheit — c) Einfluß der Schnittgeschwindigkeit — d) Metallurgische Veränderungen — Umwandlungstemperatur — Umwandlungszone — Mikroschliffe — Korro-sionsbeständigkeit — e) Mechanische Veränderungen — Härte — Son-stige technologische Werte

F. Sonderschneidverfahren

1. Schneidbarkeit anderer Metalle — a) Gußeisenschneiden — Schneid-vorgang — Gußschneidbrenner — Anwendbarkeit — b) Bleischneiden — c) Leichtmetallschneiden — d) Schneiden plattierter Bleche — 2. Pulverschneidverfahren — Allgemeines — Verfahrensarten — Pulver-schneideinrichtungen — Anwendung der Verfahren — Das Schneiden von NE-Metallen — Wirtschaftlichkeit — 3. Betonbohren — Allgemeines — Arbeitsweise — Arbeitsbedingungen — Lochbrennen in Stahlblöcke

G. Unterwasserschneiden

Allgemeines — Brennerkonstruktionen — Zündvorrichtung — Schneid-anlagen — Anwendung

H. Elektrisches Brennschneiden

1. Allgemeines — 2. Einrichtung — Ausrüstung — Stromquellen — Elek-trodenhalter — Sauerstoffarmatur — Schneidelektroden — 3. Arbeits-weise — 4. Anwendung — 5. Leistungsdaten — 6. Unterwasserschneiden

J. Schnittleistungen, Gasverbrauch, Wirtschaftlichkeit

1. Normalschnitte — 2. Profilschnitte — 3. Sauerstoff- und Fugenhobeln — Sauerstoffhobeln — Fugenhobeln — 4. Verschrotten — 5. Unter-wasserschneiden

Sachverzeichnis

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Schweißtechnische Literatur

Praktisches Handbuch der gesamten Schweißtechnik. Von Prof. Dr.-Ing. Paul Schimpke, Chemnitz, und Ober-Ing. Hans A. Horn, Berlin-Charlottenburg.

Erster Band: Gasschweiß- und Schneidetechnik. Vierte, umgearbeitete Auflage. Mit 412 Abbildungen. VIII, 400 Seiten. 1948.

DMark 19,50

Zweiter Band: Elektrische Schweißtechnik. Fünfte, neubearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 520 Abbildungen. X, 444 Seiten. 1950.

Ganzleinen DMark 28,50

Grundzüge der Schweißtechnik. Kurzgefaßter Leitfaden. Von Dipl.-Ing. Theodor Ricken, Baurat an der Staatlichen Ingenieurschule in Frankfurt a. M. Zweite, verbesserte und ergänzte Auflage. Mit 105 Abbildungen im Text. 72 Seiten. 1949.

DMark 5.—

Die neueren Schweißverfahren mit besonderer Berücksichtigung der Gasschweißtechnik. Von P. Schimpke. (Werkstattbücher für Betriebsangestellte, Konstrukteure und Facharbeiter. Herausgeber: Dr.-Ing. H. Haake, Hamburg. Heft 13.) Siebente, verbesserte Auflage. Mit 77 Abbildungen und 4 Tabellen im Text. 61 Seiten. 1950.

DMark 3,60

Das Lichtbogenschweißen. Von E. Klosse. (Werkstattbücher für Betriebsangestellte, Konstrukteure und Facharbeiter. Herausgeber: Dr.-Ing. H. Haake, Hamburg. Heft 43.) Vierte, neubearbeitete Auflage. Mit 178 Abbildungen im Text. 66 Seiten. 1950.

DMark 3,60

Praktische Regeln für den Elektroschweißer. Anleitungen und Winke aus der Praxis für die Praxis. Von R. Hesse. (Werkstattbücher für Betriebsangestellte, Konstrukteure und Facharbeiter. Herausgeber: Dr.-Ing. H. Haake, Hamburg. Heft 74.) Dritte, verbesserte Auflage. Mit 120 Abbildungen und 7 Tabellen im Text. 56 Seiten. 1949.

DMark 3,60

Widerstandsschweißen. Von W. Fahrenbach. (Werkstattbücher für Betriebsangestellte, Konstrukteure und Facharbeiter. Herausgeber: Dr.-Ing. H. Haake, Hamburg. Heft 73.) Zweite, verbesserte Auflage. Mit 144 Abbildungen und 9 Tabellen im Text. 64 Seiten. 1949.

DMark 3,60

Das Schweißen der Leichtmetalle. Von Dipl.-Ing. Theodor Ricken, Frankfurt a. M. (Werkstattbücher für Betriebsangestellte, Konstrukteure und Facharbeiter. Herausgeber: Dr.-Ing. H. Haake, Hamburg. Heft 85.) Zweite, verbesserte Auflage. Mit 156 Abbildungen und 21 Tabellen im Text. 64 Seiten. 1949.

DMark 3,60

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

2. 51. 300.